

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université 20 Août 1955-Skikda

Faculté de Technologie

Département de Génie Civil

Mémoire de fin d'études :



PRESENTE PAR *BOUADJAR AMEL*

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE

FILIERE : TRAVAUX PUBLIC

SPECIALITE : VOIES ET OUVRAGES D'ART (VOA)

INTITULEE :

**Etude d'un renforcement De La RN 85 Du PK 5+000 au PK
7+700 Sur un linéaire de 2,7 KMS (2x2 voies).
Reliant Commune de Collo /Kerkera Wilaya de Skikda**

Membres de Jury

- Dr Messast Salah Président et Encadreur université de Skikda.
- Dr Mendjel Djenette Examineur université de Skikda.
- Dr Filali Kamel Examineur université de Skikda.



قال رسول الله صلى الله عليه وسلم:

من سلك طريقا يلتمس فيه علما سهل الله له طريقا إلى الجنة

وإن الملائكة لتضع أجنحتها رضا لطالب العلم

-رواه أبو داود الترمذي-





REMERCIEMENTS



Avant tout, je remercie dieu qui m'a guidé durant toutes
Les années d'études et m'a donnée la volonté, la patience et
Le courage pour terminer ce Modeste travail.
Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien actif de
Certaines personnes que je tiens à remercier personnellement.
Je remercie mes très chers parents pour leurs soutiens et leurs Patiences.
Je remercie mon encadrant Monsieur Dr **MESSAST Salah** d'avoir
Accepté d'être mon encadrant et pour avoir dirigé ce travail, pour
Son rôle Important dans le déroulement de cette étude, pour son aide,
Ainsi que pour la confiance qu'il m'a prodiguée durant la réalisation
De ce travail.
Mes vifs remerciements s'adressent également aux membres de jury
Qui ont examiné mon travail
Et aussi à l'ensemble du personnel de la Direction des Travaux Publics
(**D.T.P**) de SKIKDA surtout à **Mr MEBIROUK NADJEB, Mr Boubli
Lamine et Nabil et Hilal.**
Et enfin, que tous ceux qui ont contribué à ma formation morale,
Théorique et pratique de celle-ci, trouvent à travers ce travail
L'expression de notre profonde gratitude.
A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

MERCI A TOUS...





DÉDICACES



Au nom de Dieu le Clément et le Miséricordieux

Je dédie ce travail :

À mes chers parents qui m'ont beaucoup soutenu durant toute ma vie et

Qui m'ont transmis une éducation basée sur la rigueur,

La simplicité et le respect, tout en souhaite à mon père

Une longue vie et une bonne santé et à ma mère le vaste paradis.

A mon éclat de vie le plus proche de mon âme ma petite fille

Bien aimée Raouane, que je leur souhaite succès et bonheur et sante.

À mes sœurs et mes frères sans exception.

À mes proches amis Saïda, Ziïana et Lamia.

À toutes la promotion de **Master 2 Voies et ouvrages d'art**

Précisément Meriem, Samira.

Et la plus proche à mon cœur et ma collègue de travail Samia

Qui ne cesse de m'encouragée

Pour réaliser ce modeste travail, je leur souhaite succès et heureuse vie.

A mes professeurs qui m'ont transmis leurs connaissances,

Je leur souhaite succès Et bonheur.



Amel



Résumé :

La durabilité des routes dépend du bon dimensionnement du corps de chaussée ainsi que le suivie et l'entretien. Dans le cadre du programme d'entretien des routes nationales(RN), la direction des Travaux publics de la wilaya de Skikda a lancé une étude d'un 'renforcement de la RN85 du PK 5+000 au PK 7+700 Sur un linéaire de 2,7 KMS (2x2 voies) reliant daïra de Collo /Kerkera de la Wilaya de Skikda.

Notre étude a pour objectif d'établir un diagnostic détaillé sur l'état de la chaussée souple et les dégradations apparues, et remédier à tous défauts constatés sur le corps de chaussée ainsi que le système d'assainissement, cela dans le respect des normes techniques et l'environnement du projet, en procédant à une étude de trafic, une campagne d'investigation géotechnique, des auscultations visuelles et des mesures de déflexions et d'UNI avec analyse des différents paramètres.

Après l'étude approfondie du corps de chaussée et après des étapes d'analyse et de constat, on a pu conclure que l'état actuel de la chaussée est moyenne à faible sur l'ensemble du tronçon.

L'étude du trafic est l'analyse des données a permis de déterminer le type de renforcement idéal a appliqué pour une durée de vie de **10** ans au corps de chaussée.

Enfin, on propose un type d'entretien curatif de renforcement pour maintenir la route en bon état pendant sa durée de vie afin d'assurer le confort et la sécurité des usagers et la vérification des structures de ce dernier par le modèle **ALIZE III**.

Mots clé : Route national, pathologies, Diagnostic, trafic, Renforcement, **ALIZEIII**.

Abstract : As part of the program for the maintenance of the national roads(RN), the public Works Directorate of the wilaya of Skikda has launched a study to reinforcement the RN85 PK5 +000 and PK7 +700 over a length of 2.7 Kms (2x2 lanes) municipal limit of Collo/Kerekra wilaya of Skikda.

The objective of this study is to establish a detailed diagnosis of the condition of the flexible pavements roadway souple and The damage that has appeared ,and to remedy any defects observed on the pavement body as well as the sanitation system, in compliance with technical standards , project environment, by performing a Traffic study, a gotechnical investigation campaign, visual auscultations, and déflexion and UNI masurements with analysis of the différent parameters.

After the thorough study of the pavement body and after stages of analysis and observation, it was possible to diagnose that the current state of the roadway is average to poor over the entire section.

The traffic study and data analysis by modeling with the **ELMOD6** software allowed us to determine the ideal type of reinforcement to be applied for a lifespan of ten (**10**) years to the Roadway.

Finally, propose a type of curative reinforcement maintenance to keep the road in good condition during its lifespan in order to comfort and safety of users and the verification of structures ensure the latter through the **ALIZEIII** .

Keywords : National roads, pathologies, Diagnosis, traffic, Reinforcement, **ALIZE III**.

ملخص:

للحفاظ على ديمومة الطريق نعتمد على التغير الجيد لأبعاد جسم الطريق مع المتابعة التقنية والصيانة، في إطار برنامج صيانة الطرق الوطنية (ط.و) أطلقت مديرية الأشغال العمومية لولاية سكيكدة دراسة تعزيز الطريق الوطني رقم 85 من ن ك 5+000 إلى ن ك 7+700 على مسافة 2.7 كلم حدود بلدية القل /كركرة بولاية سكيكدة. تهدف هذه الدراسة إلى إجراء تشخيص تفصيلي لحالة الطريق والأضرار التي ظهرت عليها، ومعالجة أي عيوب ملحوظة على جسم الطريق بالإضافة إلى نظام الصرف الصحي، هذا باحترام المعايير التقنية والبيئية للمشروع، من خلال إجراء دراسة حركة المرور، جيوتقنية، فحص بصري وقياسات الانحرافات والاستواء (UNI) مع تحليل مختلف المعلومات.

وبعد الدراسة المعمقة لهيكل الطريق وبعد مراحل التحليل والمراقبة، تمكننا من تشخيص بأن الوضع الحالي للطريق متوسط إلى ضعيف على طول المقطع.

أتاحت لنا دراسة حركة المرور وتحليل البيانات من خلال النمذجة الرقمية الذي يسمح لنا بتحديد نوع التعزيز المثالي المطبق لمدة عشر (10) سنوات على جسم الطريق.

أخيرا، اقترح نوع من صيانة التعزيز العلاجي للحفاظ على الطريق في حالة جيدة خلال عمرها الافتراضي من أجل ضمان راحة وسلامة المستخدمين والتحقق من هيكلته باستعمال اليز 3.

الكلمات المفتاحية: الطرق الوطنية، الأمراض، التشخيص، حركة المرور، التعزيز، برنامج ليز 3.

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale.....1-2

CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LA ROUTE 3

1. Introduction.....4
2. Les différents types de la route4-6
3. L'importance de la route6
4. Définition des parties des routes6-9
5. Conclusion.....9

CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LES PATHOLOGIES DES CHAUSSEES....10

1. Introduction.....11
2. Les pathologies du aux Actions.....11
3. Les types des pathologies de la chaussée12
4. Familles de dégradation de la chaussée, causes probables et traitement12-32
 - 4.1 Couche Supérieure (Arrachement, Les mouvements de matériaux).
 - 4.2 Couche Inferieure (Déformation, Fissure).
 - 4.3 Dégradations En Milieu Urbain
 - 4.4 Les Autres Types De Dégradation
5. Conclusion.....32

CHAPITRE 3 : Présentation Du Projet.....33

1. Introduction.....34
2. Localisation géographique de la zone d'étude.....34
3. Présentation de la wilaya de Skikda36-40
 - 3.1 Caractéristiques topographiques de la région
 - 3.2 Climatologie
 - 3.3 Réseau routier
 - 3.4 Aspect administratif
 - 3.5 Localisation du projet
4. Objectif De L'étude d'expertise.....41
5. CONCLUSION41

<u>Chapitre 4 : Étude de trafic</u>	42
1. <u>Introduction</u>	43
2. Analyse du trafic	43
3. Différents Types De Trafics	43
4. Modelés De Présentation De Trafic	43-45
5. Calcule De Capacité	45-47
6. CONCLUSION	47
<u>Chapitre 5 : Géotechnique routière</u>	48
1. Introduction	49
2. Les Essais D'identification	49-51
3. Essais Mécaniques	51-54
4. Les Essais In Situ	54-55
5. CONCLUSION	55
<u>Chapitre 6 : Auscultation Et Entretien Des Chaussées</u>	56
1. Introduction	57
2. L'entretien Routier Et Ses Techniques	57-60
3. Auscultation De La Chaussée	61-67
4. Verification de la structure vis-a-vis des contraintes et déformations	67-69
5. CONCLUSION	70
<u>Chapitre 7 : Données du projet d'étude -Chaussée dégradée6-</u>	71
1. Introduction	72
2. Données du projet	72
3. Environnement	72
4. Résultats de l'étude géotechnique	73-78
5. Résultats de l'étude du trafic	79
6. Relevé de dégradations de la chaussée	79-85
7. Mesure de déflexion	85-87
8. CONCLUSION	87-88
<u>Chapitre 8 : Renforcement des chausses</u>	89
1. Introduction	90
2. Facteurs à déterminer pour le dimensionnement de la chaussée	90-91
3. Détermination du trafic cumulé pour la durée de vie escompté	91-92
4. Détermination de la classe de trafic de calcul	92
5. détermination du trafic cumulé écoulé supporté par l'ancienne chaussée (Te)	92-93
6. Définition de la déflexion caractéristique (dc)	93

7. Coefficients de correction.....	94-95
8. Dimensionnement du renforcement	96-97
9. Détermination des limites (seuils) admissibles.....	98-102
10. Vérification des résultats de calculs des sollicitations par ALIZE III	102-103
11. CONCLUSION.....	103
<u>Chapitre 9 : ASSAINISSEMENT.....</u>	104-109
<u>Chapitre 10 : SIGNALISATIONS.....</u>	110-117
CONCLUSION GENERAL.....	118-119
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	120-121

Introduction

générale

Introduction générale :

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

En vue de préserver ce patrimoine routier, l'État alloue annuellement des sommes importantes, certes elles sont considérables, mais restent toujours insuffisantes au vu de l'état actuel du réseau, qui présente des dégradations, dues à la vétusté du réseau.

En absence des interventions d'entretien et de réparation, la chaussée continuera à se dégrader jusqu'à atteinte d'un état de ruine faisant chuter considérablement le niveau de service et mettant en danger la sécurité des usagers. Les structures des chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel.

La surveillance et l'auscultation du réseau routier permet de dégager les besoins en Renforcement, réhabilitation et entretien en tenant compte de l'état des routes et du trafic à travers une grille de décision.

Le renforcement d'une chaussée consiste en générale a lui apporté à sa partie supérieure une (ou plusieurs) nouvelle (s) couche (s) de matériaux.

La nouvelle structure ainsi obtenu devra permettre de reprendre correctement les efforts dus au trafic. Cela nécessite donc la connaissance préalable des caractéristiques résiduelle de la chaussé existante.

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée constituée du sol terrassé dit sol support surmonté généralement d'une couche de forme.

De point de vue constructif les chaussées revêtues peuvent être groupées en trois grandes catégories à savoir :

- Les chaussées souples.
- Les chaussées semi-rigides.
- Les chaussées rigides.

Le type des chaussées revêtues qui seront l'objet de notre étude c'est Les **chaussées souples**, sont des structures qui comportent une couverture bitumineuse relativement mince (inférieur à 15 cm) parfois réduite à un simple enduit superficiel reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités.

Ces chaussées au cours de leur exploitation, sont soumises aux actions des intempéries et de trafic lourd.

Ces actions entraînent dans le corps de chaussées des contraintes dont les applications répétées provoquent des désordres visibles à la surface de la chaussée qu'on appelle dégradations.

Au cours du temps ces dégradations peuvent passer du stade faible au stade majeur, qui lorsqu'il est atteint, une intervention de réfection ou de correction devrait être envisagée dans les meilleurs délais possibles.

Afin d'atteindre notre objectif, nous entamons d'abord notre travail par une étude théorique et qui par la suite sera illustrée par un cas pratique.

La partie théorique et pratique représenté par les chapitres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10 finalisé par une conclusion.

CHAPITRE 1 :

GENERALITE SUR LA

ROUTE

1. Introduction :

Depuis la création de l'univers, dieu a donné une grande richesse à l'homme en l'occurrence la terre, c'est ainsi que le domaine de route constitue une partie très important du patrimoine national d'un pays, Elle est alors un facteur très important de développement économique et social ; entre les villes, les provinces, les pays et civilisation.

2. Définition de La route :

Les routes sont des voies de communication terrestres aménagées pour permettre la circulation de véhicules et de personnes, Elles peuvent être classées selon leur capacité, leur revêtement et leur rôle dans le réseau de transport.

Les routes jouent un rôle crucial dans le développement économique et social en facilitant les échanges et les déplacements.

3. Les différents types de la route :

a. Les routes communales :

Les routes communales représentent l'ensemble des voies de circulation pouvant se rencontrer dans des communes et des agglomérations. Comme leur nom l'indique, ces voies sont gérées et entretenues par la Mairie de la commune à laquelle elles sont rattachées Présente par la **Figure 1** ci-dessous :



Figure 1 :_route communales

b. Les routes départementales :

Les routes départementales sont des voies de circulation appartenant au **domaine public routier**. Ces routes sont gérées dans leur ensemble par les départements, et toutes les dépenses concernant la construction, la rénovation et l'entretien des routes départementales sont donc à la charge du **Conseil Départemental** s'occupant de ladite route Présente par la **Figure 2** ci-dessous :



Figure 2 :_routes départementales_

c. Les routes nationales :

Il s'agit d'une voie rapide urbaine ou une voie de type autoroutier permettant à la circulation de transit de contourner une ville, son centre-ville ou une agglomération afin de rejoindre de grands axes tels que les autoroutes, gérées par le ministère de 'écologie et du développement durable Présentée par la **Figure 3** ci-dessous :



Figure 3 : Les routes nationales

d. Une route à accès réglementé :

Est appelée aussi voie rapide ou voie express, ressemble à une autoroute.

Pourtant, ces deux types de voies présentent des différences majeures, que les candidats au permis doivent connaître pour réussir l'épreuve du code de la route et l'examen pratique.

Dont l'entrée est signalée par un panneau d'indication représentant une voiture blanche sur un fond bleu présente par la **Figure 4** ci-dessous :



Figure 4 : route à accès réglementé

e. Les autoroutes :

Une autoroute est une voie de communication routière à chaussées séparées, réservée à la circulation à vitesse élevée des véhicules motorisés. Elle ne comporte aucun croisement à niveau et les deux sens de circulation sont séparés par un terre-plein central ou une glissière de sécurité présente par la **Figure 5** ci-dessous :



Figure 5 : Les autoroutes.

4. L'importance de la route :

La route est importante sur plusieurs plans :

- ❖ **Sur le plan social :** facilite la communication et la fréquentation entre les hommes, l'implantation et l'accessibilité des infrastructures communautaires (école, marché, etc....).
- ❖ **Sur le plan économique :** elle permet l'évacuation des produits agricoles vers les centres villes, approvisionnement de campagne de produits manufacturés.

5. Définition des parties des routes :

- a. **Accotement :** ce sont deux bandes latérales qui encadrent la chaussée, présente par la **Figure 6** ci-dessous :



Figure 6 : les Accotement

b. Chemin public :

Chemin public Surface de terrain ou d'une infrastructure (un pont ou un viaduc, par exemple) sur laquelle sont aménagées une ou plusieurs chaussées ouvertes à la circulation des véhicules routiers.

- ❖ Un chemin public peut également comprendre une ou plusieurs voies cyclables, présente par la **Figure 7** ci-dessous :



Figure 7 : Chemin public

c. Chemin à accès limité :

Chemin public sur lequel on ne peut s'engager ou qu'on ne peut quitter qu'aux endroits prévus à cette fin.

- ❖ Par exemple, les autoroutes sont des chemins à accès limité, présente par la **Figure 8** ci-dessous :



Figure 8 : Chemin à accès limité autoroutes

- d. **Chaussée** : c'est la surface revêtue de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules, présente par la **Figure 9** ci-dessous :



Figure 9 : La Chaussée

- e. **Voies** :

Chemin, route par où l'on va d'un lieu à un autre. Exemple : (Chemin de fer) Chemin matérialisé par deux rails parallèles, présente par la **Figure 10** ci-dessous :



Figure 10 : La Voies ferrée

- f. **Voie cyclable** :

Voie cyclable est une piste cyclable séparée de la circulation motorisée et dédiée au vélo ou partagée avec des piétons ou d'autres usagers non motorisés, présente par la **Figure 11** ci-dessous :



Figure 11 : Voie cyclable

g. rue partagée :

Une rue partagée est un chemin public, ou une partie de celui-ci, où la circulation piétonne est priorisée. Elle se reconnaît par sa signalisation ainsi que son aménagement particulier qui favorise la cohabitation de ses différents usagers, présente par la **Figure 12** ci-dessous :



Figure 12 : rue partagée

h. Le vélo rue :

Le vélo rue est une section ou un ensemble de sections de voie appartenant au réseau cyclable structurant et accueillant un trafic motorisé, présente par la **Figure 13** ci-dessous :



Figure 12 : Le vélo rue

CONCLUSION :

Dans ce chapitre on a classifié administrativement la route comme suite :

- les différents types de la route et leurs définitions.
- L'importance de la route.
- Définition des parties des routes

CHAPITRE 2 :
Généralité Sur Les
Pathologies Des
Chaussées

1- Introduction :

La pathologie est une science qui a pour objet l'étude de l'évolution de la durée de vie de la chaussée, des désordres qui peuvent apparaître, des méthodes de diagnostic qui permettent de déterminer l'état de santé de la chaussée, les causes probables de ces désordres ainsi que les méthodes de réparation et les remèdes proposés.

Et aussi en entent par le terme de pathologie de voirie, les dégradations que peut subir la chaussée sous l'action du climat (l'eau, la chaleur, le vent), au trafic et accidentelles et la plupart du temps les trois facteurs simultanément, sans oublier la qualité des matériaux et mise en œuvre.

Dès leur construction, les routes subissent des sollicitations qui font qu'elles se dégradent plus ou moins rapidement selon la qualité de la réalisation ainsi que l'agressivité de l'environnement de la route.

Pour pouvoir proposer des mesures raisonnables contre la dégradation des chaussées, il est nécessaire de comprendre leurs origines et leurs évolutions.

Dans cette partie, on présentera les différents types de dégradations que les chaussées subissent.

2- Les pathologies dues aux Actions et la mauvaise qualité des matériaux :

a. Action due au trafic :

Les routes servant de support au trafic qui est l'une des causes majeures de leur vieillissement.

Le mode de transport ainsi que ces caractéristiques se modifient avec le temps :

- Augmentation de la vitesse des véhicules ainsi que le poids.
- L'inquiétude se pose pour les anciens ouvrages dont les notes de calcul n'existent plus.

Il est donc parfois difficile de savoir s'ils ont été dimensionnés pour supporter le trafic auquel ils sont soumis.

b. Action due au climat :

Une fois construits, les ouvrages font partie intégrante du paysage et sont de ce fait soumis aux aléas de leur environnement, trois facteurs essentiels sont à considérer :

- La température.
- L'eau.
- Le vent.

c. Action accidentelles :

Les crues, les séismes, les chocs de véhicule et les incendies.

Les coefficients de sécurité étant déterminés de manière probabiliste, le risque absolu et la répétition fréquente ne sont pas considérés.

L'ouvrage, quel qu'il soit, subit donc des agressions extérieures et sa durée de vie en sera influencée.

d. la mauvaise qualité des matériaux :

Elle est d'une importance capitale car il est difficile de faire une route de qualité à partir de matériaux aux caractéristiques médiocres. Les dégradations liées à la mauvaise qualité des matériaux peuvent être causées par :

- Une granulométrie incorrecte.
- Un pourcentage élevé d'éléments roulés.
- Une dureté des granulats insuffisante.
- Des granulats sales (matières végétales).
- Un polissage rapide des granulats de fabrication défectueuse (spécialement pour les enrobés).
- Un pourcentage de liants ou de fines incorrect.
- Un malaxage insuffisant.

e. La mise en œuvre :

Même si la qualité du liant et des granulats est excellente, le dimensionnement bien fait, une mauvaise réalisation au cours de la mise en œuvre, de la manutention ou lors du compactage pourra se traduire par un ouvrage fini d'une qualité médiocre

Ainsi, divers défauts de mise en œuvre peuvent conduire à des dégradations aux conséquences variées :

- Défauts de compacité aux accotements : Il y'a affaissement sous la charge des poids lourds ; il en résulte après un fluage de la couche de base.
- Poches de points faibles en couche de base : Il en résulte une cassure du revêtement plus rigide et une formation de nids de poule ou de flaches.
- Défaut de compacité sur l'assise et sur la plateforme : la conséquence immédiate est l'existence de poches de points faibles conduisant à des orniérages ou pelades.
- Mauvais accrochage du revêtement sur la couche de base : Il peut donner lieu à un faiçonnage de la chaussée, à une pelade du revêtement.
- Compactage excessif des couches de chaussées : Il peut donner des ornières.

3- Les types des pathologies de la chaussée :

Il en existe trois types :

- Pathologie supérieure** : Elle se produit sur la couche de roulement.
- Pathologie semi-profond** : Elle se produit sur la couche supérieure ou la couche de base.
- Pathologie profond** : Elle se produit sur la couche de forme, la couche de fondation ou la plateforme ou dans le sol d'assise.

4- Familles de dégradation de la chaussée, causes probables et traitement :

L'évaluation des chaussées repose sur une série de mesures et d'observations visuelles qui permettent d'établir la condition de la structure, de diagnostiquer les causes des dégradations apparentes et de cibler les solutions les plus appropriées.

Ces dégradations apparentes sont caractérisées par deux grandeurs importantes qui sont :

- **L'étendue** : qui permet de rendre compte de l'importance d'apparition du désordre, c'est la partie de la chaussée affectée par le défaut.

Elle exprime la longueur endommagée par rapport à longueur total de la section du relevé pour les dégradations linéaires ou la surface endommagée par rapport à la surface totale, pour les dégradations bidimensionnelles.

- **La gravité** : pour signaler le degré de sévérité (faible, moyen et majeur) de la dégradation. Dans ce chapitre nous étudions d'une manière générale les différents types des dégradations observées dans les chaussées souples et leurs causes les plus probables.

❖ **Couche supérieure** : Arrachement, Les mouvements de matériaux.

❖ **Couche inférieure** : Déformation, Fissure

❖ **Dégradations en milieu urbain** : Fissuration autour des regards et des puisards, Dénivellation des regards et des puisards, Coupe et tranchée.

❖ **Les Autres Types De Dégradation** : Désenrobage, Désordre de profil, Soulèvement différentiels.

4.1 COUCHE SUPERIEURE : Arrachement, Les mouvements de matériaux.

a. **ARRACHEMENT** :

Ce sont des phénomènes de rupture d'adhésion entre éléments ou parties de la route suivies généralement de leur disparition.

Ce type de dégradations n'affecte que la couche de roulement au début de son apparition mais peut s'aggraver en affectant les couches sous-jacentes au revêtement.

On distingue les désordres suivants : le désenrobage, le plumage, le peignage, la pelade, l'indentation et le glaçage, les nids de poule, les dentelles de rives et les réparations.

Comme illustré sur la **Figure 13** :



Figure 13 : Arrachement

On distingue alors :

a.1 - nids de poule et trou :

Le nid-de-poule est la manifestation finale d'une combinaison de différents problèmes.

Il est caractérisé par une désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables.

❖ Cause :

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

Comme illustré sur la **Figure 14** :



Figure 14 : Nids de poule

❖ Traitement :

Intervention d'urgence indépendamment du niveau de sévérité : bouchage avec enrobés à froid ou principe du tarmac à chaud.

a.2 pelade : Arrachement par plaque plus ou moins grande de l'enrobé de la couche de roulement.

❖ Cause :

- Mauvaise adhérence de la couche de surface (ex : manque de liant d'accrochage, incompatibilité chimique, saleté entre les couches).
- Épaisseur insuffisante de la couche de surface.
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic.

❖ Traitement :

Lorsque les surfaces concernées ne sont pas importantes, l'entretien consiste en un bouchage aux enrobés adaptés, précédé d'une couche d'accrochage à l'émulsion.

Cependant, si la dégradation se généralise, on procédera par reprofilage en enrobé à chaud avec toujours une couche d'accrochage.

Une autre solution consiste en application d'enduit superficiel.

Comme illustré sur la **Figure 15** :



Figure 15 : Pelade

a.3 Plumage, peignage, désenrobage :

Il s'agit de trois phénomènes extrêmement liés pour être traités séparément.

Le désenrobage consiste en une disparition du liant enveloppant les granulats d'une couche de revêtement en enrobé. Sous l'effet du trafic, on assiste à un arrachement des gravillons rendant ainsi la surface de roulement rugueuse : c'est le plumage.

Quant au peignage, il s'agit aussi d'un arrachement des gravillons du revêtement suivant des lignes parallèles à l'axe de la chaussée ; Comme illustré sur **les Figures 16, 17 et 18** :

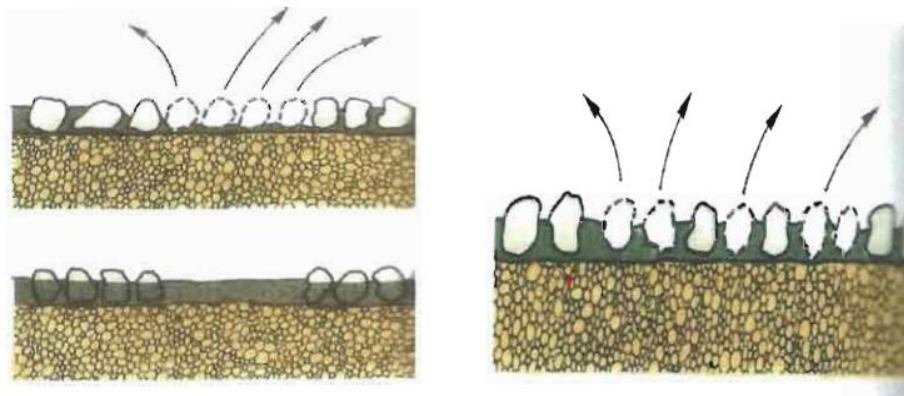


Figure 16 : Plumage

et

Peignage



Figure 17 : Plumage



Figure 18 : Désenrobage

❖ **Cause :**

- Mauvaise qualité des enrobés (Sous-dosage du bitume ou mauvais enrobage).
- Mauvaise adhésivité liant-granulat.
- Utilisation de granulats hydrophiles.
- Vieillesse du liant à travers le temps.
- Mise en œuvre sous conditions météorologiques défavorables (températures élevées notamment).
- Stagnation d'eau sur la chaussée.
- Usure par trafic intense.
- Compactage insuffisant de la couche de roulement.

❖ **Traitement :**

La solution préconisée est la méthode dite des emplois partiels.

Elle permet de traiter aussi bien les plumages que les pelades.

Elle consiste, après délimitation et balayage de la zone à traiter, à deux options au choix :

- **L'imperméabilisation** est réalisée avec une émulsion à froid ou du bitume fluidifié à chaud après avoir appliqué une couche d'accrochage.

On répand ensuite des gravillons (dimensions 6 à 10 mm) jusqu'à une couverture complète.

Enfin, à l'aide d'un petit compacteur, on fait pénétrer les gravillons dans le bitume.

- **L'application d'enrobé** consiste à appliquer sur la zone à réparer du bitume fluidifié à chaud ou une émulsion de bitume afin de constituer une couche d'accrochage.

On répand ensuite de l'enrobé fin à froid (constitué de gravillons inférieurs à 6 mm) sur la surface à traiter et on compacte à l'aide d'un petit compacteur vibrant ou une dame à la main jusqu'à égalisation de la surface environnante.

D'autres solutions consistent en l'application d'un enduit superficiel ou d'un coulis bitumineux.

a.4 Les dentelles de rives :

Encore appelées épaufrures, ce sont des cassures des bords de la chaussée causant ainsi une nette réduction de la largeur de chaussée jusqu'à sa disparition même.

C'est un phénomène fréquemment rencontré dans les routes.

Comme illustré sur les **Figures 19, 20 et 21** :

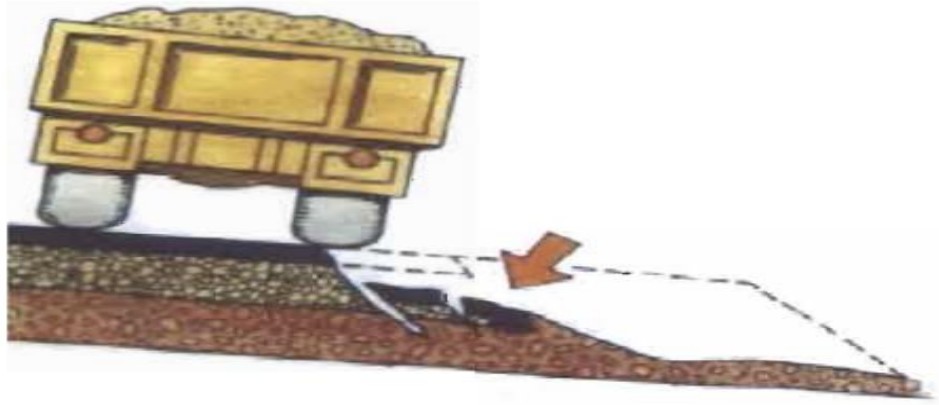


Figure 19 : Schématisation épaufrures



Figure 20 : Début d'épaufrures

Figure 21 : Epaufrure de grande ampleur

❖ Cause :

- Erosion de la couche de roulement à partir des bords de la chaussée.
- Mauvais drainage des eaux : l'effet de bord entraîne une perte de portance aux abords de l'accotement.
- Absence de butée latérale.
- Compactage insuffisant des rives.
- Chaussée trop étroite : les véhicules circulent sur les accotements.
- Arrêts fréquents de véhicules sur les accotements.
- Mauvaise courbure des virages : les virages trop serrés obligent les conducteurs à emprunter les accotements entraînant une usure transversale.
- Vieillissement accentué du revêtement.

❖ Traitement :

Des solutions préventives visant à retarder le phénomène doivent être prises durant la mise en œuvre.

Il s'agit de veiller au bon compactage des couches mais surtout du sol support notamment dans les accotements. Aussi, une attention particulière doit être accordée à la protection des accotements contre les effets de l'eau particulièrement l'érosion et du trafic.

Dans les solutions curatives, on retiendra la réfection localisée du corps de chaussée et la reprise des conditions de drainage (mise en place de butées).

a.5 L'indentation et le glaçage :

Il s'agit d'une usure sans arrachement ou d'un enfoncement des gravillons de la couche de roulement conférant à la surface un aspect lisse et brillant.

Comme illustré sur les **Figures 22 et 23.**

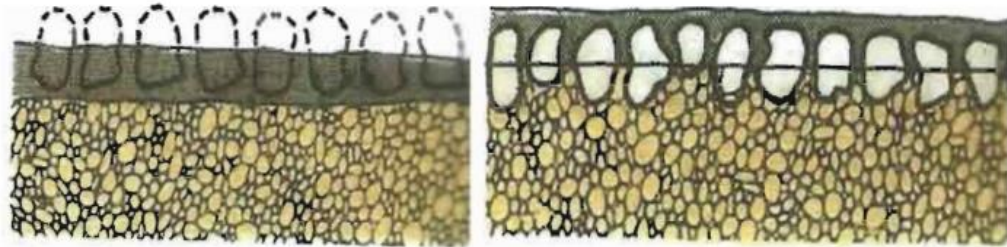


Figure 22 : Glaçage

Figure 23 : Indentation

❖ Cause :

- Dureté insuffisante des granulats du revêtement.
- Pertes superficielles de granulats.
- Surdosage en liant de l'enrobé.
- Qualité du liant inadaptée au trafic ou au climat.
- Compactage à une température très élevée.
- Action mécanique due au trafic.

❖ Traitement :

Les techniques d'entretien les plus utilisées sont la réalisation d'un enduit superficiel ou d'un tapis en enrobés.

b. LES MOUVEMENTS DE MATERIAUX :

Ces dégradations sont caractérisées par la remontée du liant à la surface de la chaussée, par l'enfoncement de gravillons dans l'enrobé, les remontées des éléments fins à la surface, 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.

On y trouve les remontées de fines, le ressuage et les boursoflures.

b.1 Remontées des fines :

Il s'agit de l'éjection de matériaux (eau, boue...) provenant du corps de chaussée et remontant à travers les points faibles de la couche de roulement (fissures, enrobé poreux) liant ou de sel.

Comme illustré sur les **Figures 24 et 25** :



Figure 24 : Remontée d'eau

Figure 25 : Remontée de boues

❖ Cause :

- Pénétration et cheminement de l'eau entre les couches de chaussée.
- Mauvais drainage du corps de chaussée.
- Manque de cohésion et sensibilité à l'eau du support.
- Défaut d'interface propice à la circulation de l'eau.

❖ Traitement :

La solution préconisée est le drainage de la chaussée. Une autre solution consiste à identifier l'origine de l'eau et des fines et de procéder au nettoyage de la zone concernée et on appliquera par suite une couche d'accrochage.

Enfin, on procédera à la mise en place de l'enrobé.

Aussi, il serait bon de vérifier le niveau de la nappe lors de la construction pour prévoir les éventuelles remontées.

b.2 Le ressuage :

C'est une remontée du liant à la surface de la couche de roulement, recouvrant particulièrement ou totalement les granulats et donnant un aspect noir brillant.

Lorsqu'il est très prononcé, il peut se former des plaques glissantes très dangereuses pour la circulation. Comme illustré sur la **Figure 26** :

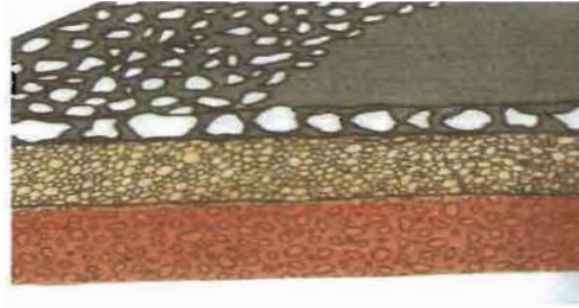


Figure 26 : Schématisation ressuage

❖ **Cause :**

- Surdosage (mauvaise formulation) du liant de la couche de roulement.
- Bitume trop mou (liant mal adapté).
- Remontée du liant présent en dessous de la couche d'usure (ancien enduit par exemple).
- Section soumise à un fort ensoleillement pour la viscosité du liant.
- Choix inapproprié des granulats.
- Excès de compactage.

❖ **Traitement :**

Les solutions préconisées sont :

- l'application d'un enduit superficiel ou un sablage suivi d'un cylindrage léger.

Le sablage est une technique qui permet de réparer les surfaces présentant un ressuage.

Le traitement consiste à un répandage d'un sable grossier (jusqu'à 6mm) sur la surface et à l'étaler à l'aide d'un balai pour que la surface soit recouverte de manière uniforme, Le cylindrage consiste alors à compacter légèrement la surface ainsi recouverte.

b.3 Les boursouflures :

Ce sont des surhaussements du revêtement avec fissures et décollement de la couche de surface.

❖ **Cause :**

La cause plus que probable de cette dégradation est un sol support en argile gonflante ou l'existence de nappes saline qui se gonfle lorsque la teneur en eau est élevée.

❖ **Traitement :**

Les solutions préconisées sont le drainage de la chaussée et la réfection localiser.

Lorsque la profondeur d'argile n'est pas trop important, il faut procéder à une purge.

Dans le cas contraire, il faut recourir à des techniques plus appropriées comme l'interposition de membrane.

C. LES USURES DE LA COUCHE DE ROULEMENT :

En dehors des dégradations dues au vieillissement et à la fatigue du corps de chaussée qui affectent le revêtement, il existe même l'usure de cette couche de roulement par frottement caractérisée par une perte de matériaux. On distingue le glaçage (lissage), les têtes de chat et l'usure de la signalisation horizontale (lorsqu'elle existe).

a- Glaçage :

Usure du revêtement par arasement progressif des gravillons sans arrachement de ces derniers.

❖ Cause :

Défaut de profilage de la couche de base ; manque de stabilité des enrobés ; action mécanique due au trafic.

❖ Traitement :

Réalisation d'enduit superficiel ou d'un tapis en enrobés.

b- Têtes de chat : Usure partielle des matériaux du revêtement sans arrachement.

❖ Cause :

Revêtement sur corps constitué de tout venant à granulométrie discontinue et granularité élevée.

❖ Traitement : Réalisation d'enduit superficiel ou d'un tapis en enrobés.



c- l'usure de la signalisation horizontale :

Effacement partiel ou total du marquage de la chaussée.

❖ Cause :

Effet du trafic ; intempéries ; mauvaise qualité de la peinture ; mauvaise mise en œuvre.

❖ Traitement : Nouveau marquage.

4.2 COUCHE INFÉRIEURE : Déformation, Fissure.

a. LES DÉFORMATIONS :

Ce sont des dépressions ou ondulations de la route qui prennent généralement naissance dans le corps de chaussée ou dans le sol support et qui se manifestent sur la couche de roulement.

On les différencie suivant leur forme et leur localisation.

Dans ce type de dégradations, on distingue : les affaissements, les ornières et les bourrelets.

a.1 Les affaissements :

Ce sont des dépressions très prononcées et souvent assez étendues, localisées soit en rive (Affaissements de rives) ou en pleine largeur de la chaussée (Affaissements hors rives).

Ces derniers prennent le nom de flaches lorsqu'ils présentent une forme circulaire.

Comme illustré sur les **Figures 27, 28 et 29** :

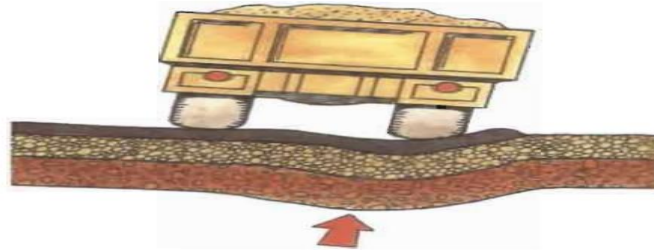


Figure 27 : Schématisation d'un affaissement



Figure 28 : Affaissement de rive **Figure 29 : Affaissement hors rives.**

❖ Cause :

- Sous dimensionnement du corps de chaussée (épaisseurs insuffisantes).
- Tassements différentiels (défaut de portance du sol).
- Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux.
- Constructions défectueuses.
- Drainage insuffisant.
- Chaussée non butée en rive.
- Présence d'eau consécutive à la perméabilité des couches supérieures.
- Chaussée étroite.
-

❖ Traitement :

Les principales solutions préconisées sont :

- **le déflachage** (pour les affaissements de moins de 5 cm) et la **réfection** localisée du corps de chaussée (pour les affaissements de fortes hauteurs).

* **Le déflachage** est une technique qui permet de réparer les affaissements et les irrégularités de surface dues à des bourrelets.

Il s'effectue avec un enrobé à froid prêt à l'emploi et stocké au dépôt.

Le traitement consiste à une délimitation et un balayage de la zone à traiter, puis un approvisionnement de l'enrobé à froid.

On applique alors une couche d'accrochage en bitume fluidifié à chaud ou une émulsion de bitume.

On procède ensuite au **bouchage** de la flache par épandage de l'enrobé puis au compactage de ce dernier.

L'opération se termine par une imperméabilisation de la surface traitée afin d'éviter toute pénétration d'eau.

* **La réparation localisée du corps de chaussée** par contre, est une technique qui permet de réparer les fissures maillées, les affaissements, les épaupèrèment, les nids de poules et les bourrelets.

Le traitement comprend quatre phases. On délimite d'abord la zone à réparer avant de procéder à son excavation.

Celle-ci consistera à retirer de la zone délimitée tous les matériaux libres et à approfondir le trou jusqu'à atteindre un matériau sec et solide.

Le rebouchage se fera à l'aide d'un matériau de même qualité que la couche de base à réparer ou d'un enrobé à froid compacté en une ou plusieurs couches. On procède enfin à une imperméabilisation de la zone réparée.

a.2 L'orniérage :

C'est une dépression localisée apparaissant sous le passage des véhicules et pouvant affecter, soit la couche de roulement, soit le corps de chaussée et pouvant s'étendre sur d'assez grandes longueurs.

Dans certaines conditions, une ornière profonde est dangereuse, la circulation y devenant risquée.

Le phénomène est aussi fonction de la vitesse des véhicules, des types de pneus, de l'usure des pneus, de la pente transversale de la chaussée.

Comme illustré sur les **Figures 30 et 31** :

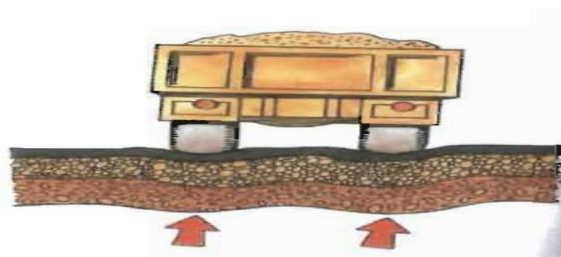


Figure 30 : Schématisation d'une ornière



Figure 31 : Ornière sur la chaussée

❖ **Cause :**

- Un sous dimensionnement du corps de chaussée lui conférant une résistance insuffisante.
- Un compactage insuffisant lors de la réalisation.
- Une perte de portance des couches sous-jacentes du revêtement.
- Des insuffisances du revêtement : bitume trop mou ou surdosage, enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd, compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place.

❖ **Traitement :**

Les principales techniques d'entretien sont le reprofilage dans les ornières avec des matériaux bitumineux (orniérage inférieur à 5 cm) et le rechargement (orniérage supérieur à 5 cm).

- **Le reprofilage** consiste à redonner à la chaussée un profil en travers correct (pour évacuer l'eau) et un profil en long régulier (pour sécuriser et améliorer le confort des usagers), généralement par apport de matériaux.

Il nécessite tout d'abord un repérage, puis un accrochage (l'émulsion, si le béton bitumineux est chaud, est préférable à toute autre technique).

Ensuite viennent les étapes de répandage et de compactage (intense). Elles sont suivies par une étape de vérification de la pente (2 à 5 % maxi).

L'opération se termine par un drainage.

- **Le rechargement** quant à lui, consiste à ajouter à une chaussée existante une nouvelle couche d'enrobé bitumineux (rechargement simple) ou plusieurs couches d'enrobé bitumineux (rechargement lourd).

a.3 Les bourrelets :

Ce sont des déplacements horizontaux du revêtement de la chaussée, créant un renflement allongé dans la direction du trafic.

Ils sont généralement accompagnés d'ornières.

Comme illustré sur les **et Figures 32 et 33 :**



Figure 32 : Schématisation d'un bourrelet

Figure 33 : Bourrelet mis en relief par la surélévation du jalon

❖ **Cause :**

- Fatigue de la chaussée due au passage de véhicules trop lourds pour la structure de la chaussée.
- Tassement des couches inférieures.
- Défaut de compactage à la construction
- Entrée d'eau entraînant une diminution de la portance du corps de chaussée.
- Matériaux de mauvaise qualité.
- Qualité inadéquate du revêtement bitumineux.
- Manque de liaison entre le revêtement bitumineux et la couche sous-jacente

❖ **Traitement :**

Comme pour les flaches, les solutions préconisées sont :

- le déflachage (pour les bourrelets de faibles hauteurs) et la réfection localisée (pour les bourrelets de fortes hauteurs).

Pour plus de détails sur l'exécution de ces deux méthodes.

b. LES FISSURATIONS :

Ce sont des fentes de degré plus ou moins important de la route qui affectent la couche de roulement et/ou même tout le corps de chaussée.

On distinguera les fissures longitudinales, les fissures transversales et les faïençages.

b.1 Les fissures transversales :

Ce sont des cassures sensiblement perpendiculaires à l'axe de la chaussée, isolées ou périodiques, d'espacement variable, intéressant tout ou partie de la largeur de la chaussée. Suivant la cause et le mode d'apparition, on les distinguera en fissures de retrait, fissures de joints et en fissures de fatigue.

Comme illustré sur la **Figure 34** :



Figure 34 : Fissure transversale affectant toute la largeur de chaussée.

❖ **Cause :**

- Le retrait dû à la prise de l'assise traitée aux liants hydrauliques sous l'effet des variations de température ; la fissure remonte au travers de la couche de surface.
- Un défaut de mise en œuvre de la couche de roulement (par exemple un mauvais collage entre bandes lors d'une reprise de répandage pour les fissures de joint).
- Le vieillissement du liant ou une sensibilité du bitume aux variations thermiques.
- La fatigue avancée de la chaussée due à la répétition des efforts ou un sous - dimensionnement d'une ou de plusieurs couches.
- La diminution de portance du sol support (drainage déficient, défaut d'étanchéité de la surface).

❖ **Traitement :**

Les solutions préconisées sont : **l'imperméabilisation localisée** du revêtement ou colmatage des fissures (pour les fissures superficielles et les fissures du corps de chaussée) et la réfection localisée du corps de chaussée (en cas de graves fissurations sur le corps de la chaussée). L'application d'un enduit superficiel ou de tapis d'enrobé est aussi une alternative.

- **L'imperméabilisation localisée** est une technique qui permet de réparer les fissures. Le traitement consiste à un balayage et une délimitation de la zone à imperméabiliser, puis à un répandage du liant (bitume fluidifié à chaud ou une émulsion de bitume) sur la surface. Enfin, on répand les granulats constitués de sable grossier (jusqu'à 6mm) sur toute la surface à traiter.
- **Le colmatage** de fissures est une technique utilisée pour la réparation des fissures rapprochées ou isolées.

Pour les fissures rapprochées, le traitement consiste à un balayage et une délimitation de la zone à traiter, puis à un répand âgé du coulis bitumineux sur la surface à traiter. Le coulis est obtenu en mélangeant une émulsion de bitume avec du sable grossier (jusqu'à 6mm). Quant aux fissures isolées, le traitement consiste à un balayage de la zone à traiter, puis à un répandage du liant (bitumine fluidifié à chaud) à l'aide d'une lance de pulvérisation ou d'un arrosoir en suivant la fissure.

Enfin, on répand le sable sur la bande du liant.

b.2 Les fissures longitudinales :

C'est une famille de dégradations de surface caractérisée par une ligne de rupture apparaissant à la surface de la chaussée sensiblement parallèle à l'axe.

Comme illustré sur les **Figures 35 et 36**



Figure 35 : Fissure longitudinale avec ouverture franche.



Figure 36 : Réseau de fissures longitudinales.

❖ **Cause :**

- Mauvaise construction du joint longitudinal entre deux bandes d'enrobés.
- Mouvement différentiel dans le cas d'élargissement de la chaussée.
- Fatigue de la chaussée due à une structure insuffisante vis-à-vis du trafic ou une portance du sol support insuffisante.
- Les caractéristiques du sol : tassement, retrait du sol argileux à la suite d'une longue période de sécheresse (Assèchement).

❖ **Traitement :**

Les solutions préconisées sont les mêmes que celles de fissures transversales.

b.3 Le faïencage :

Il s'agit d'un ensemble de fissures entrelacées ou maillées, plus ou moins larges au niveau de la surface de roulement. Les mailles peuvent apparaître sous forme circulaire ou polygonale communément appelée « peau de crocodile ».

Comme illustré sur les **Figure 37 et 38**



Figure 37 : Début de faïençage.

Figure 38 : Faïençage de maille serrée

❖ **Cause :**

Les causes possibles sont la fatigue excessive de la chaussée, due à un sous dimensionnement, à une mauvaise qualité de l'ensemble de la structure ou d'une seule des couches de la chaussée :

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

○ **Traitement :**

Réfection localisée, tapis en enrobés ou enduit superficiel.

b.4 Fissures de gel :

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

❖ **Cause :**

Les fissures de gel sont provoquées par les phénomènes suivants :

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

b.5 Fissures en carrelage :

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

❖ **Cause :**

Les causes les plus fréquentes des fissures en carrelage sont :

- Fatigue (ex. : épaisseur de revêtement insuffisante).
- Vieillesse de la chaussée (oxydation et fragilisation du bitume dans l'enrobé).
- Capacité portante insuffisante.

b.6 Fissures en rive :

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

❖ **Cause :**

Les fissures en rive sont dues aux phénomènes ci-contre :

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

4.3 Dégradations en milieu urbain :

a. Fissuration autour des regards et des puisards :

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

❖ **Cause :**

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

La Figure 39 ci-dessous illustre ce type de dégradation.

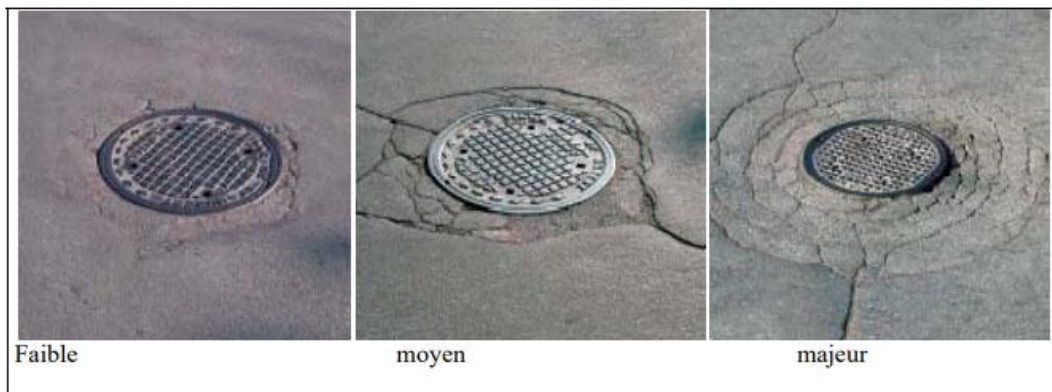


Figure 39 : Fissurations autour des regards

b. Coupe et tranchée :

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

❖ Cause :

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

La Figure 40 ci-dessous illustre ce type de dégradation.



Figure 40 : Coupe et tranchée

c. Dénivellation des regards et des puisards :

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

❖ Cause :

Les causes les plus probables sont les suivants :

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

Figure 41 ci-dessous illustre ce type de dégradation

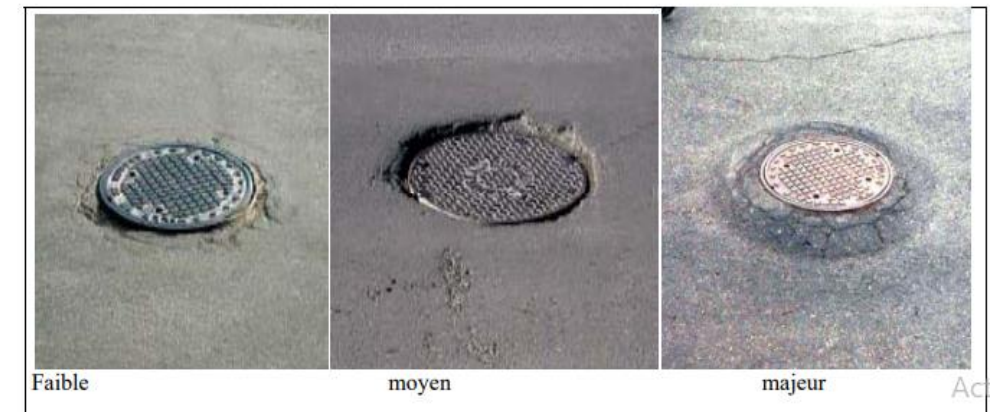


Figure 41 : Dénivellation des regards

4.4 LES AUTRES TYPES DE DEGRADATION :

a. Soulèvement différentiels :

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

❖ **Cause :** Les causes les plus possibles sont :

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

b. Désordre de profil :

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

❖ **Cause :**

Les phénomènes qui provoquent les désordres de profil sont généralement les points bas non drainés, l'affaissement le long des bordures, illustré sur la **Figure 42** ci-après :



Figure 42 : Désordre de profil

c. Désenrobage :

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

❖ Cause :

- Usure par trafic intense.
- Sollicitation accrues en zone de virage et de freinage.
- Mise en œuvre par conditions météorologiques défavorables.
- La stagnation d'eau sur les chaussées.

➤ CONCLUSION :

Dans ce chapitre on a présenté un aperçu sur les différentes familles de dégradations des chaussées.

La chaussée subit au cours de sa vie divers types de sollicitation, le trafic des véhicules, les variations thermiques ainsi que les conditions climatiques surtout dans la période hivernale, ou la région de Skikda présente une variation des précipitations moyennes annuelles allant de **800-1200 mm/an** de pluie.

Toutes ces sollicitations représentent les principales causes de dégradation d'une route, ces dernières participent à la dégradation de la couche de roulement, ce qui conduit à moins de confort et moins de sécurité pour les usagers.

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

Pour établir un diagnostic et définir les opérations de remise en état, il peut quelquefois suffire à lui seul.

Si non l'information est à compléter par des résultats d'essais permettant de quantifier les caractéristiques mécaniques de la structure et les caractéristiques de surface.

CHAPITRE 3 :

Présentation

Du

Projet

1. Introduction :

Skikda est située à **471 km** à l'est de la capitale Alger, à **140 km** à l'est de Jijel, à **80 km** au nord-est de Constantine et à **100 km** à l'ouest d'Annaba .

La commune de Skikda est située au nord de la wilaya de Skikda, sur le littoral maritime. Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée et est attenante aux communes de Fil fila (à l'est), d'El Hadaiek et Hamadi Krouma (au sud) et de Aïn Zouit (à l'ouest et au sud-ouest).

Notre tronçon d'étude a été réalisé à la demande et pour le compte de la direction des travaux publics de la wilaya de Skikda.

Elle concerne l'étude d'expertise de la RN85 du PK5+000 au PK7+700 sur un linéaire de **2,7 KMS (2x2 voies)**, qui relie les deux daïra Collo à Kerekra.

2- Localisation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude correspond à la wilaya de Skikda, située au Nord-est algérien, couvrant une Surface totale de 4137,68 km².

Elle est comprise entre 36°05' et 36°15' de latitude Nord et entre

7°15' et 7°30' Est des longitudes. Localisée entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen,

Elle dispose de 140 km de côtes qui s'étalent de la Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour à l'ouest.

Elle est limitrophe avec les wilayas d'Annaba, Guelma, Constantine, Mila et Jijel, illustré sur la **Figure 43** ci-après :

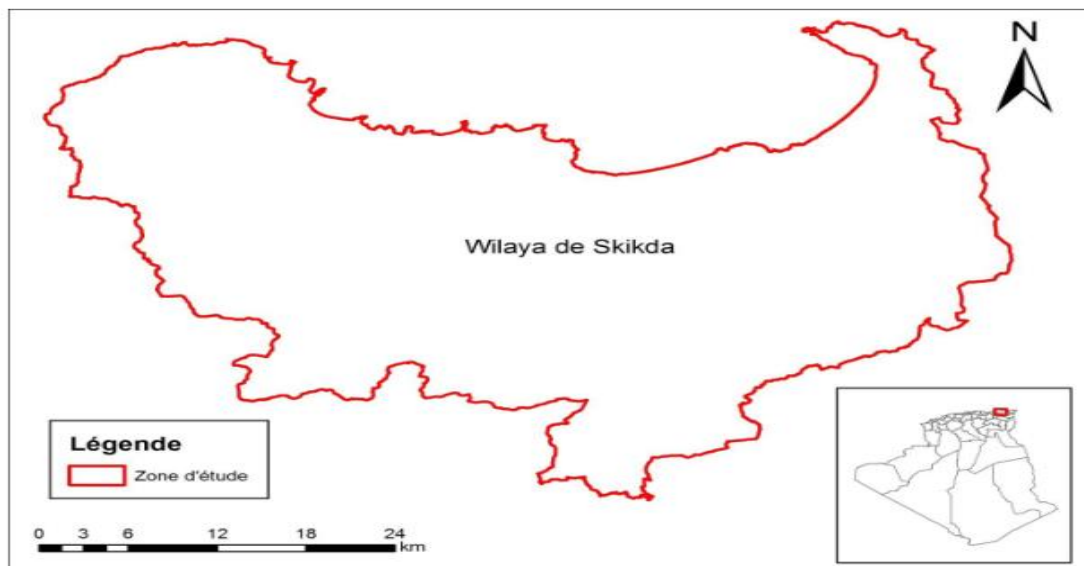


Figure 43 : Localisation géographique de la zone d'étude.

3. Présentation de la wilaya de Skikda :

Sur une superficie de **4137,68 Km²**, avec une population avoisinant les **804697** habitants. Elle dispose de **130km** de côtes qui s'étalent de la marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour aux fins fonds du massif de Collo à l'ouest. Elle est limitrophe avec les Wilayas d'Annaba, Guelma, Constantine et Jijel.

L'une des plus grandes zones pétrochimiques d'Algérie se trouve à l'est de la ville.

Skikda dispose de potentiels économique et touristique, avec une façade maritime de 130 km où se succèdent des plages, et où l'on dénombre **8** zones d'expansion touristique.

Cette position géographique combinée à l'importance de ses infrastructures techniques (routes nationales ports et voies ferrées) lui permet de jouer un rôle important dans les échanges et les flux économiques.

Le tourisme, fort prometteur en raison de l'énorme potentiel de la Wilaya en la matière, souffre aujourd'hui d'un manque d'infrastructures et des effets de la politique du tout industriel initié durant les années **70**.

3.1 Caractéristiques topographiques de la région :

Le relief est très accidenté sur la frange littorale et dans les massifs de Collo, azzaba et la Marsa, illustré sur la **Figure 44** ci-après :

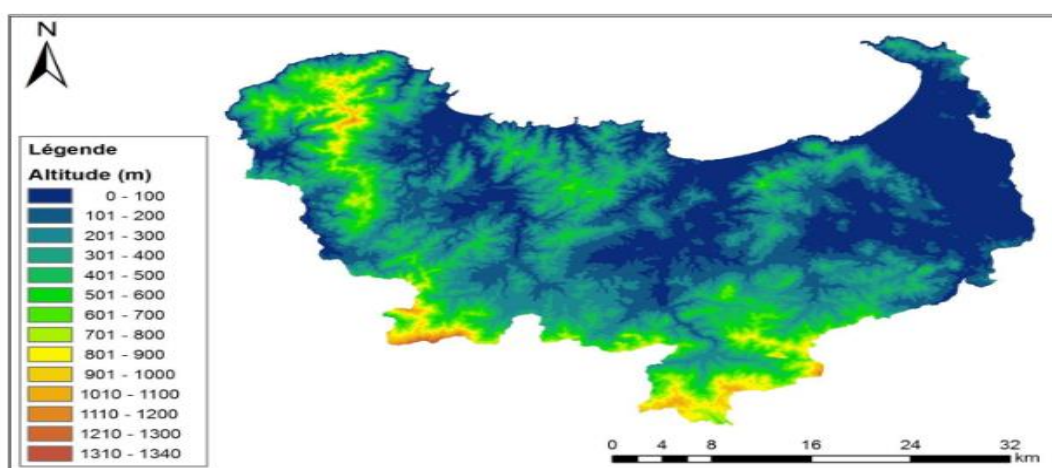


Figure 44 : Carte des altitudes de la wilaya de Skikda.

On rencontre différentes classes de pentes :

- Les pentes faibles (**0 à 3%**) occupent les plaines de l'ouest, notamment la plaine de Ben Azouz et un petit bout de la ville de Skikda et sa plaine côtière. Elles occupent 9% du Territoire.
- Les pentes moyennes (**3 à 12%**) représentent **23%** du territoire.
- Les pentes fortes (**12% et plus**) occupent **68%** de la superficie totale de la wilaya, c'est la zone des hauts piémonts de montagnes (**Boukerzaza in Amieur**).

On distingue trois types de zones topographiques : les montagnes, les plaines et les piémonts.

La wilaya de Skikda est une région montagneuse où l'altitude moyenne est de **300 m**, avec cependant des pics dépassant les **1 000 m** (djebel El Goufi, au-dessus de Collo, et djebel Sidi Driss, au-dessus de Beni Oulbane)

Elle fait partie de l'Atlas tellien qui, à partir de l'Algérois vers l'Est du pays, se scinde en deux chaînes montagneuses parallèlement à la côte méditerranéenne :

- le bourrelet liminaire ancien du littoral et la chaîne du tertiaire, plus au sud, représentant la chaîne numidique qui prend naissance à Mila, à l'ouest (djebel M'cid Aïcha) et traverse la région de Guelma (djebel Maouna), après avoir servi de rempart entre les wilayas de Skikda et Constantine.

Par ailleurs, l'étude géologique du sous-sol de cette région fait ressortir cinq types de structures lithologiques :

Un soubassement primaire du pré-permien constituant le bourrelet liminaire ancien de la Presqu'île de Collo ; des sables ferrugineux (rouges) de l'ère secondaire

(Ben M'hidi, Ain Righa), une couverture gréso-argileuse modérément plissée du Numidien de l'ère tertiaire (El Goufi, Sidi Driss et toute la chaîne numidique), des terrains éruptifs ou volcaniques récents du tertiaire et du quaternaire (Bougarouni, Fil fila, Cap de Fer, Chetaïbi) et, enfin, des terrains très récents de plaines alluviales du Saf-Saf, Zeramna, oued El Guebli, dans la dépression de Tamalous et oued El Kébir, dans la plaine de Guerbés.

3.2 Climatologie :

Du point de vue climatique, la région de Skikda est dominée par un climat dit de type méditerranéen caractérisé par un hiver doux et pluvieux et un été sec et chaud.

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées varient entre 800 et 1 200 mm de pluies, ce qui permet le développement d'une couverture végétale abondante se traduisant sur le terrain par la densité des forêts de chênes lièges et la biodiversité importante qui caractérise les écosystèmes terrestre, marin et d'eau douce (rivières, lacs...).

Cette abondance de pluie explique également le vaste réseau hydrographique constitué par les cours d'eau permanents et alimente les réserves en eau souterraine sous forme de nappes phréatiques.

3.3 réseau routier :

Le réseau routier est composé de **327,60** kms de routes nationales qui sont constituées essentiellement des grands axes suivants :

- La **RN3** qui relie Skikda à Constantine.
- La **RN44** qui relie Skikda à Annaba.
- La **RN80** qui relie Skikda à Guelma.
- La **RN43** qui relie Skikda à Jijel et Mila.
- **578** KMS de chemins de wilaya qui relient le chef-lieu de la wilaya aux grands centres urbains.
- **1668** KMS de chemins communaux, illustré sur la **Figure 45** ci-après :



Figure 45 : carte de réseau routier de la wilaya de Skikda.

3.4 Aspect administratif :

Actuellement, les communes de la Wilaya de Skikda sont au nombre de 38 communes, regroupées de la manière illustré dans **le tableau 1** ci-après :

Tableau 01 : Daïra, communes, superficie et surface de l'état de Skikda

Situation	Daïra	Commune	Superficie (Km ²)	Population
	Skikda	<ul style="list-style-type: none"> • Skikda • FilFila • Hamadi Krouma 	148	231.902
	Azzaba	<ul style="list-style-type: none"> • Azzaba • Es Sebt • Ain Charchar • El Ghedir • Djendel 	782	107.120
	Ben Azzouz	<ul style="list-style-type: none"> • Ben Azzouz • El Marsa • Bekkouche Lakhdar 	501	52.341
	El Harrouch	<ul style="list-style-type: none"> • El Harrouch • Emjez Edchiche • Zerdazas • Ouled Habbeba • Salah Bouchaour 	570	124.534

Période actuelle	Sidi Mezghiche	<ul style="list-style-type: none"> • Sidi Mezghiche • Beni Ouelbene • Ain Bouziane 	333	62.657
	Tamalous	<ul style="list-style-type: none"> • Tamalous • Kerkera • Bin-el Ouidene 	368	104.056
	Ain Kechera	<ul style="list-style-type: none"> • Ain Kechera • Ouldja Boulbalout 	213	30.217
	Oum Toub	<ul style="list-style-type: none"> • Oum Toub 	179	35.829
	Collo	<ul style="list-style-type: none"> • Collo • Béni Zid • Cheraia 	229	78.133
	Zitouna	<ul style="list-style-type: none"> • Zitouna • Kanoua 	102	15.959
	Ouled Attia	<ul style="list-style-type: none"> • Ouled Attia • Khenak Mayoune • Oued Z'hour 	239	26.066
	Ramdane Djamel	<ul style="list-style-type: none"> • Ramdane Djamel • Béni Béchir 	186	40.650
	El Hadaïek	<ul style="list-style-type: none"> • El Hadaïek • Bouchetata • Ain Zouit 	268	30.360
Total	13	38	4.118	936.824

Les Daïra et communes de l'état de Skikda illustré dans **la Figure 46** ci-après



Figure 46 : Daïra et communes de l'état de Skikda.

3.5 Localisation du projet :

Le projet d'étude d'expertise de la RN 85 du PK5+000 au PK7+200 sur un linéaire de 2,7 KMS (2x2 voies) reliant les chefs-lieux des dairas de Collo et Tamalous dans la wilaya de Skikda,

Le réseau routier concernant Limite Collo/ kerkerà détaillé dans le tableau 2 ci-après :

Tableau 02 : concernant la commune de kerkerà

code	Wilaya/ commune	Route national	Axe Dédoublé (oui, non)	Nbr De Voies	Revêtus / Non revêtus	PK début et fin	Section d'étude	Linéaire(KMS)	Largeur (m)	Etat sense allée (vers Collo)	Etat sense retour	Lieu d'origine	Lieu fin	commune	Daira
8281	Skikda/ kerkerà	RN85	Oui	2X2	- Axe de la route Revêtus -Accotement nom revêtus	5+000 au 9+400	5+000 au 7+700 Sur 2.7 Kms	4,4	14	M à F	M à F	Limite Collo/ krekerà	krekerà	krekerà	Tamalous

- M : moyenne.
- F : faible.

Tronçon d'étude est devisé en sept sections comme suite :

- **Section 1** : Du pk 05+000 au pk 05+400 sur une linière de 400 ML (sens aller vers Kerkerà).
(Sens retour vers Collo).
- **Section 2** : Du pk 05+400 au pk 05+700 sur une linière de 300 ML (sens aller vers Kerkerà).
(Sens retour vers Collo).
- **Section 3** : Du pk 05+700 au pk 05+800 sur une linière de 100 ML (sens aller vers Kerkerà).
(Sens retour vers Collo).
- **Section 4** : Du Pk 05+800 au pk 06+100 sur une linière de 300 ML (sens aller vers Kerkerà).
(Sens retour vers Collo).
- **Section 5** : Du PK 06+100 AU PK 06+500 sur une linière de 400 ML (sens aller vers Kerkerà).
Rien n'a signalé sur cette section.
(Sens retour vers Collo).
- **Section 6** : Du pk 06+500 au pk 06+600 sur une linière de 100 ML (sens aller vers Kerkerà).
(Sens retour vers Collo).
- **Section 7** : Du 06+600 AU PK 07+700 sur une linière de 1100 ML (sens aller vers Kerkerà).
(Sens retour vers Collo).

Le plan synoptique est représenté dans la **Figure 47** ci-après :

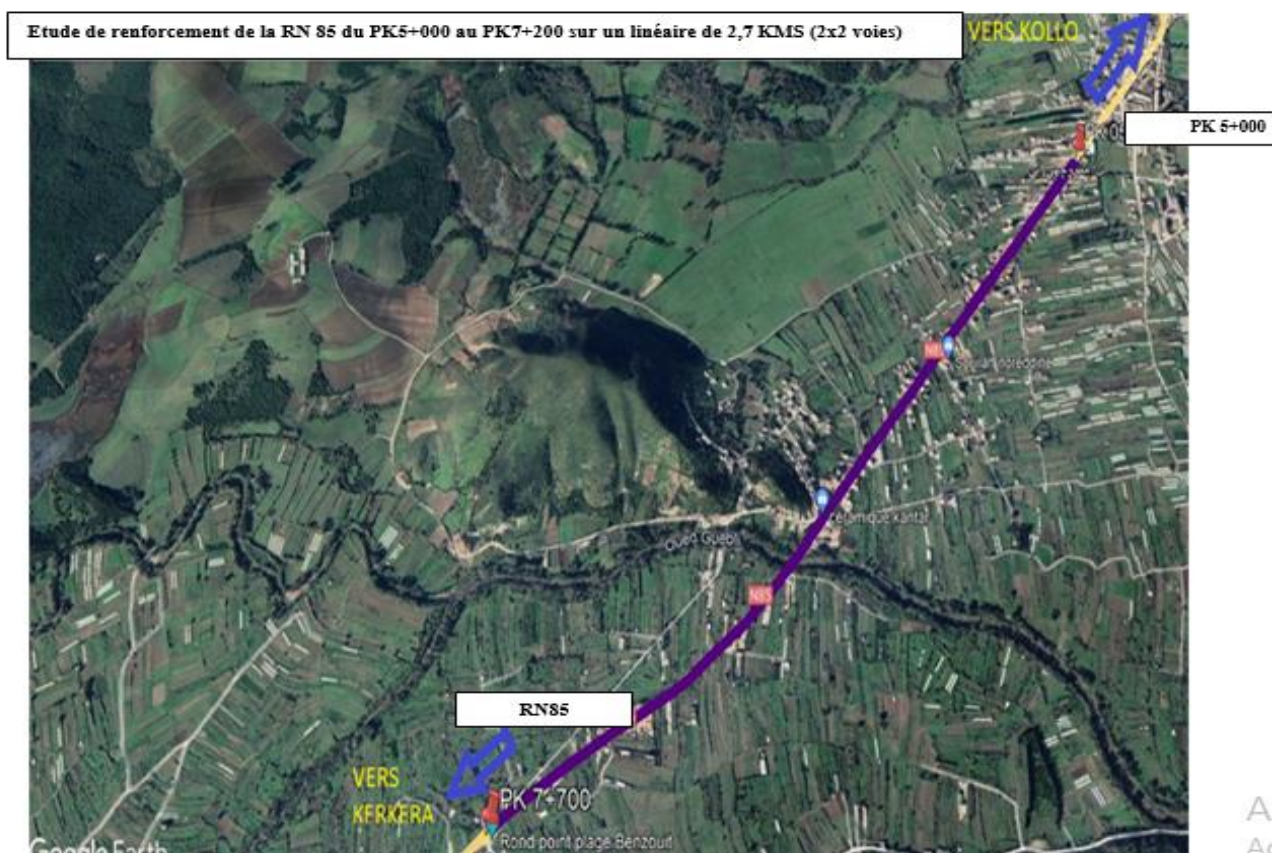


Figure 47 : plan synoptique de la RN85

NB :

- La chaussée présente en général un profil homogène d'une route dédoublé en **2x2 voies**.
- La route présente une faible déclivité et faible sinuosité.

Le tronçon de la RN85 son départ est le point kilométrique **5+000** auprès de Collo est le point final c'est point kilométrique **7+700** dans la commune de kerker (daïras de Tamalous).

4 Objectif De L'étude de renforcement :

Le but essentiel de notre étude de renforcement de la route **national 85 du PK 5+000 au PK7+700** sur une linaire de **2,7 KMS** reliant daïra Collo et Tamalous est d'établir un diagnostic détaillé sur l'état de la chaussée et les dégradations apparues, en procédant à des auscultations visuelles, des mesures de déflexions qui doivent aboutir :

- À l'estimation de la portance de la chaussée ainsi l'appréciation de son état de planéité.
- À la détermination des causes probables des dégradations constatées.
- À la proposition des solutions techniques nécessaires à la remise en état du tronçon
- Expertisé.
- A l'estimation des quantités des travaux à réaliser.

5 CONCLUSION :

Après avoir connu toutes les caractéristiques du projet en général et sa localisation géographique, l'infrastructure devrait être conçue avec des données géotechniques ,et hydrauliques et des essais in-situes pour éviter tous les problèmes techniques éventuels pendant l'exécution des travaux et de mener une bonne étude qui va mettre fin au dégradations relevées sur ce tronçon.

CHAPITRE 4 :

Étude de trafic

1. INTRODUCTION :

L'étude de trafic est une donnée nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle impactera directement sur les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées. On peut citer des choix possibles :

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé par rapport aux zones bâties.
- Position des échangeurs.
- Géométrie des carrefours.
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourds cumulés.

2. ANALYSE DU TRAFIC :

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

- à statique générale.
- Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- Une enquête de circulation.

3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS :

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal** :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

- **Trafic induit** :

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

- **Trafic dévié** :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.

- **Trafic total** :

C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

4. MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

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

- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

a.4 Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé.

On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel Le trafic (T_n) à l'année (n) sera :

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n \dots\dots\dots(1).$$

Ou :

- T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.
- τ : est le taux de croissance.

b.4 Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (**PNB**).
- Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation.

c.4 Modèle gravitaire :

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

d.4 Modèle des facteurs de croissance :

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

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

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

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

5. CALCUL DE CAPACITE :

La capacité est le nombre maximal des véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

Le calcul de la capacité dépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Du type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire. .
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- des caractéristiques de la section considérée (nombre et largeur de voies).

a.5 Calcul du (TJMA) horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n \dots\dots\dots(2).$$

- **TJMA_h** : le trafic à l'année horizon.
- **TJMA₀** : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année d'exploitation.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

b.5 Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement.

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

Le trafic effectif donné par la relation (03) :

$$Teff = [(1 - Z) + PZ] X TJMA_h \dots\dots\dots(3).$$

- **Teff** : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J).
- **Z** : pourcentage de poids lourds (%).
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

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

La valeur de **P**, illustré par le **Tableau 3** ci-dessous :

Tableau -3 : Coefficient d'équivalence

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

c.5 Débit de pointe horaire normale :

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en unité de véhicule particulier (**u.v.p**) et donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{1}{n} \times T_{eff} \dots \dots \dots (4).$$

- **Q** : débit de pointe horaire.
- **n** : nombre d'heure, (en général n=8 heures).
- **Teff** : trafic effectif.

D.5 Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K1.K2 C_{th}.$$

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité.
- **C_{th}** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

La valeur de **K1** illustré sur le **Tableau 4** ci-après :

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

La valeur de **K2** illustré sur le **Tableau 5** ci-après :

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

La valeur de **Cth** illustré sur le **Tableau 6** ci-après :

	Capacité théorique (uvp /h)
Route à 2 voies de 3 ,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3 ,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

e.5 Calcul du nombre des voies :

1. Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare **Q** à **Qadm** pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$$- Q \leq Q_{adm}$$

2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$- n = S. Q/Q_{adm}.$$

Avec :

- **S** : coefficient de dissymétrie, en général égale à **2/3**.
- **Qadm** : débit admissible par voie.

6. CONCLUSION :

Le trafic routier est une donnée nécessaire pour permettre d'estimer le nombre de voie ainsi que l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

Ces deux facteurs causent principalement les dégradations dans la chaussée.

Chapitre 5 :

Géotechnique routière

1. INTRODUCTION :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance de terrain, et une étude géotechnique routière qu'est une science étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie aussi les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Au cours de l'investigation géotechnique sur terrain, quatre sondage de reconnaissance ont été réalisé sous accotements est sur chaussées avec des prélèvements des échantillons remaniés du sol support pour analyse au laboratoire.

Les sondages de reconnaissance sont réalisés avec les profondeurs d'environ d'un **1m** à **1.5 m** qu'on puisse atteindre le sol support, sont réalisés à l'aide d'une pelle mécanique, les sols prélevés seront soumis aux différents essais physico-mécanique.

Les essais les plus utilisés sont :

2. LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :

a. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est l'un des essais les plus importants pour l'étude d'un sol, car elle fait partie intégrante des essais d'identification. Elle consiste à déterminer les différentes fractions granulaires qui composent le sol concerné, et déterminer la répartition des grains de différentes tailles dans le sol.

Les résultats obtenus par l'analyse granulométrique sont traduits par la courbe granulométrique qui nous permet de déterminer différents coefficients nous permettant d'identifier et de classier notre sol.

Illustre dans la **figure 48** ci-après :

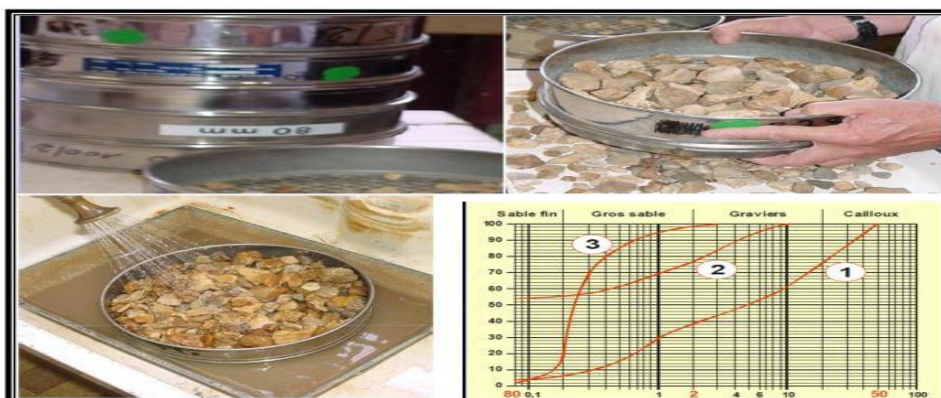


Figure 48 : Analyses granulométriques

b. Limites d'Atterberg :

Le comportement d'un sol fin est avant tout fonction de sa composition minéralogique, de sa teneur en eau et de sa structure, c'est-à-dire de la manière dont les particules sont disposées et orientées les unes par rapport aux autres.

Dans les sols fins ou cohérents l'eau joue un rôle très important par son influence sur les forces qui s'exercent entre les particules.

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

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

Illustre dans la **figure 49** ci-après :



Figure 49 : Limites d'Atterberg.

c. L'équivalent de sable

Pour les sols à faible pourcentage de particules fines, les limites d'Atterberg ne sont pas mesurables, alors pour déceler la proportion des limons et argiles du sol présumé qui peuvent être très nuisibles et nocifs selon la nature de l'ouvrage, on réalise l'essai équivalent de sable.

L'équivalent de sable est le pourcentage de matières fines dans un échantillon de sol, il s'applique sur les éléments inférieurs à 5 mm, Pour les couches de fondation, l'ES est de l'ordre de 40.

Illustre dans la **figure 50** ci-après :

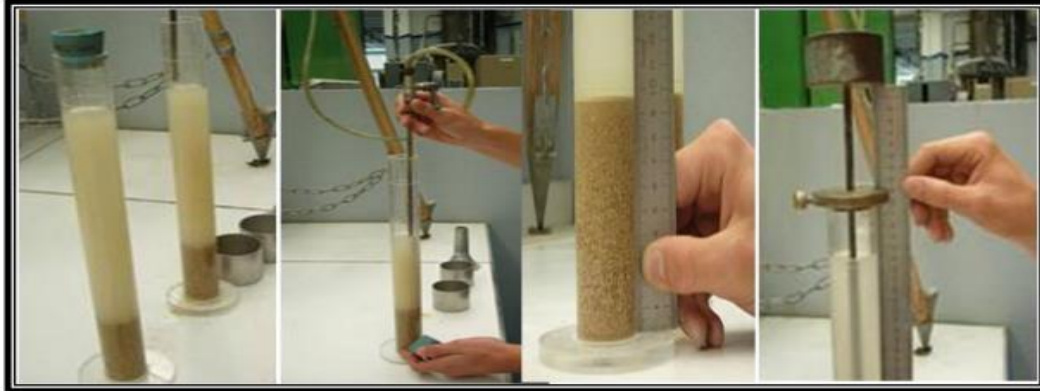


Figure 50 : Equivalent de sable.

3. **ESSAIS MECANIQVES :**

a. **Essai PROCTOR :**

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

Illustre dans la **figure 51** ci-après :



Figure 51 : Essai PROCTOR

b. Essai CBR (California Bearing Ratio):

Dans les travaux routiers où l'on ne peut admettre que de faibles déformations du sol, on détermine la portance du sol, c'est à dire sa résistance à la rupture par un essai particulier appelé Essai CBR (Californian-bearing-ratio) qui détermine l'indice CBR. C'est un essai qui est toujours précédé par l'Essai Proctor parce qu'il est réalisé avec les caractéristiques Proctor (optimum Proctor).

L'indice portant exprime en % le rapport entre les pressions produisant dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part.

Le résultat obtenu de l'indice CBR et des calculs approchés des contraintes de cisaillement dans les fondations d'une chaussée souple sous l'effet des charges roulantes, ont permis de tracer une série d'abaques de dimensionnement, qui nous permettent d'estimer les épaisseurs des couches de chaussée d'un nouveau tracé de route.

Illustre dans la **figure 52** ci-après :



Figure 52 : Essai C.B.R.

- c. **Valeur de bleu de méthylène :** Il s'agit aussi d'un paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol. Son application est récente. Ce paramètre, noté VBS (valeur de bleu du sol), représente la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules argileuses contenues dans la fraction du sol considéré ; c'est donc une grandeur directement liée à la surface spécifique du sol. L'essai consiste à introduire progressivement du bleu de méthylène dans une suspension de sol maintenue en agitation.

On prélève périodiquement une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier chromatographique. Dès qu'une auréole bleutée se développe autour de la tache ainsi formée on peut considérer que l'adsorption du bleu de méthylène sur les particules d'argile est terminée. En effet, c'est l'excès de bleu de méthylène qui apparaît dans l'auréole. La VBS traduit globalement la quantité et la qualité (activité) de la fraction argileuse du sol. Elle s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de sol. Ordres de grandeur :

Illustre dans **la figure 53** ci-après :

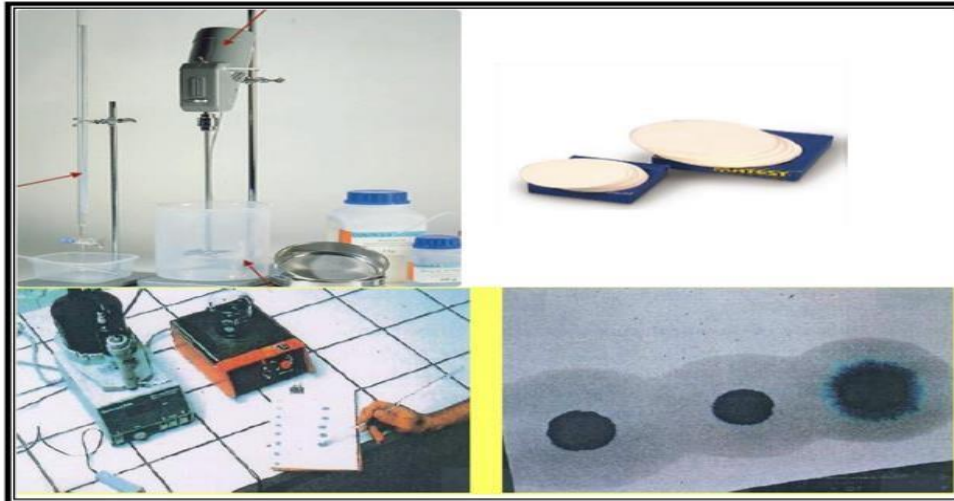


Figure 53 : valeur de bleu de méthylène

d. **Essai Los Angeles** : Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

Plus l' LA est élevé, moins le granulat est dur.

Illustre dans **la figure 54** ci-après :



Figure 54 : Essai los Angeles

e. **Essai Micro Deval :**

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du micro-deval humide.

Illustre dans **la figure 55** ci-après :



Figure 55 : Essai Micro Deval.

4. **LES ESSAIS IN SITU :**

4.1 **ESSAIS DE PLAQUE :**

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge.

On déduira ensuite un module de sol **E** en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Boussinesq qui relie **Z**, le déplacement, la pression **q₀** le rayon de charge **a** et les caractéristiques du massif **E₂**, Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : **E = 5CBR**.

Illustre dans **la figure 56** ci-après :



Figure 56 : Essais de plaque.

4.2 PENETROMETRE STATIQUE OU DYNAMIQUE :

Le pénétromètre dynamique est un moyen simple, rapide et économique d'investigation des sols in situ. Il permet :

- d'apprécier de façon qualitative la résistance des terrains traversés, et de prévoir la réaction du sol à l'enfoncement de pieux.
- De déterminer l'épaisseur et la profondeur des différentes couches de sol.
- d'effectuer des contrôles de compactage

Illustre dans **la figure 57** ci-après :



Figure 57 : Essai pénétrométrique

5. CONCLUSION :

La route est en contact avec le sol, elle nécessite une reconnaissance géotechnique de ce dernier basé sur des essais en laboratoire et in situ, pour permettre d'identifier le sol et ressortir les caractéristiques physique, chimique et mécaniquement, afin de faire des calculs arithmétiques sur la chaussée pour obtenir un ouvrage plus résistant.

Chapitre 6 :

Auscultation Et Entretien Des

Chaussées

1. INTRODUCTION :

Le secteur routier occupe une place importante dans les échanges entre les populations des pays en voie de développement. Mais les routes connaissent des problèmes pendant leur période de service. Alors intervient l'Entretien routier pour les corrections des dégradations observées. Selon la norme AIPCR, l'entretien routier est l'ensemble des actions à réaliser sur les routes afin que leur état demeure satisfaisant et pour qu'elles offrent une sécurité suffisante à des vitesses appropriées et à faible coût pour les usagers.

2. L'ENTRETIEN ROUTIER ET SES TECHNIQUES :

2.1 L'ENTRETIEN ROUTIER :

On distingue deux types fondamentaux :

a. L'entretien préventif : ensemble des tâches entreprises pour prévenir les dégradations pouvant apparaître sur la route et ses dépendances.

b. L'entretien curatif : ensemble des opérations à réaliser pour corriger les défauts apparents sur la route et ses dépendances.

Ces deux types d'entretien se déclinent en deux catégories qui sont :

- **L'entretien courant :** Il s'agit des travaux partiels de remise en état de sections de routes présentant, d'une année à l'autre, des dégradations pouvant être dues à des accidents ou à des faiblesses localisées de la structure ne mettant pas en péril l'ouvrage global. Il doit être réalisé régulièrement (tous les ans).

- **L'entretien périodique :** La notion d'entretien périodique implique, le vieillissement des routes, les dégradations suffisamment fréquentes et répétées. Si ces dégradations ne sont pas reprises d'une façon globale elles entraîneront la destruction de l'ouvrage. Un entretien périodique comme son nom l'indique se réalise suivant une périodicité dont la valeur n'est pas forcément constante. Seules des inspections systématiques pourront permettre d'en déterminer l'opportunité.

2.2 REALISATION DE L'ENTRETIEN ROUTIER :

a. Méthodes de collecte et d'identification des dégradations :

- La restitution des données relevées sur le terrain
- L'appréciation de la gravité et l'étendue des dégradations et, une mauvaise manière de quantifier les dégradations entraîne un mauvais entretien.

Plusieurs systèmes de relevés existent et sont le plus souvent effectués. On distingue :

b. Méthodologie VIZIR assistée par ordinateur

La méthode **VIZIR** émane de l'expérience des ingénieurs des Laboratoires des Ponts et Chaussées des années quatre-vingt (**80**) apportant leur concours aux bureaux d'études français qui travaillaient principalement à l'étranger. C'est dans ce sens que la méthode a été expérimentée pour la première fois dans les continents Asiatique et Africain. Elle se base sur l'hypothèse suivante :

L'état de surface de la chaussée est un paramètre indispensable pour l'évaluation de la qualité de la chaussée, parfois il représente l'élément principal d'identification voire même le seul.

En effet, d'après l'expérience de ces ingénieurs, l'état de surface traduit fidèlement la qualité de la route dans 60% des cas, dans d'autres cas elle n'est qu'un élément d'un diagnostic plus complexe qui fait intervenir d'autres critères.

VIZIR est au bout de la chaîne une méthode scientifique de détermination des besoins d'entretien et de remise en état des chaussées.

Cette méthode a pour but :

- ✦ Quantifier et classer les dégradations des routes.
- ✦ Fournir l'image de l'état du réseau de surface revêtue à un instant donné.
- ✦ Identifier les zones d'équi-qualité classifiées en trois (3) niveaux de dégradations.
- ✦ Évaluer la qualité des réseaux routiers.

Le principe consiste à attribuer une note de qualité aux dégradations par association d'un indice de dégradation et de la classe de déflexion, à quantifier et à prendre des décisions concernant les dégradations.

Dans cette méthodologie, les diverses dégradations sont relevées et codifiées en fonction de leur gravité et de leur étendue.

- ✦ **Anti-remontée de fissures et resurfacement** : Les membranes bitumineuses servent à l'étanchéité des chaussées et à la diminution des fissures à travers le recouvrement en enrobés bitumineux. Une variété de membranes bitumineuses est disponible dans le marché dont certaines sont adjointes à des géotextiles ou à des fibres coupées. Elles sont appliquées généralement sur une chaussée existante dont la surface présente un léger niveau d'oxydation et de fissuration qui nécessite un renforcement structural.

L'épandage de bitume polymère posé à chaud suivi d'une membrane géotextile de grande densité servira sur les routes à fort trafic avec des charges importantes. L'épandage d'une émulsion de bitume polymère suivi de fibres coupées ou encore d'une membrane géotextile de faible densité servira sur les chemins ou rues à trafic moyen. Quant à la membrane bitumineuse de faible densité elle servira d'étanchéité et de support aux techniques plus légères comme le traitement de surface et l'enrobé coulé à froid (**ECF**), et sera utilisée sur les routes ou chemins de gravier à faible trafic.

- ✦ **Décohéssionnement** : Le décohéssionnement est un procédé consistant à défaire l'enrobé bitumineux d'une chaussée et à le malaxer avec une épaisseur prédéterminée de matériaux provenant de la fondation granulaire sous-jacente. Ces matériaux ainsi mélangés sont alors compactés et agissent comme nouvelle fondation granulaire.

Lorsque le décohéssionnement est complété, il faut recouvrir ces matériaux d'un nouveau revêtement.

Méthodologie : La planification et la réalisation du décohesionnement s'effectuent en différentes étapes :

- débiter par une étude préliminaire.
- ajouter un matériau de correction granulométrique, lorsque requis.
- décohesionner et homogénéiser les matériaux.
- réaliser le profil final et le compactage des matériaux.

La **Figure 48** ci-dessous montre une chaussée décohesionnée.



Figure 48 : chaussée décohesionnée.

- **Domaine d'application** : Le décohesionnement s'applique dans tous les contextes de trafic routier que ce soit pour les autoroutes, les routes nationales, régionales, urbaines ou résidentielles.

Option N°1 : Décohesionnement

- Le décohesionnement appliqué seul crée une nouvelle fondation granulaire. Il économise les ressources naturelles, les rebuts, le transport et les impacts sur le réseau routier.

Option N°2 : Décohesionnement et rechargement granulaire

- Le décohesionnement accompagné du rechargement granulaire est généralement utilisé en milieu rural. Le rechargement granulaire est destiné à la fondation tandis que les matériaux décohesionnés deviennent la sous-fondation de la chaussée. L'augmentation d'épaisseur de la structure atténue le comportement gélif de la route.

Option N°3: Décohesionnement et stabilisation :

- Lorsque le décohesionnement est accompagné de la stabilisation, il devient la première phase du retraitement de **type II**.

* **Caractéristiques et avantages** : Le décohesionnement élimine la fissuration de la partie supérieure du revêtement et toute dégradation non structurale dont :

- le carrelage ;
- les nids-de-poule ;
- la pelade ;
- les ornières d'usure et de fluage.

* **Conditions** : Les déficiences structurales et les soulèvements différentiels provoqués par le gel devront être évalués afin de garantir la performance de cette technique.

* **Durée de vie** : La technique du décohesionnement est liée au choix de l'apport du revêtement. La conception doit être adaptée à la sollicitation du trafic afin de permettre une durée de vie de l'ordre de 7 à 12 ans.

2.3 RECONSTRUCTION : Lorsque l'usure de la chaussée atteint un niveau de dégradation et de détérioration élevée, une reconstruction est à envisager montrée par **Figure 49** ci-dessous.



Figure 49 : Reconstruction

* **Techniques d'interventions palliatives** : Les techniques d'interventions palliatives permettent de redonner à la chaussée un niveau de service aux usagers sans traiter de façon permanente la réelle problématique de la chaussée existante. Elles permettent de repousser les investissements plus significatifs ou simplement d'accepter un compromis quand il semble non-viable économiquement de reconstruire la chaussée. Ces interventions sont rapides et impliquent une gêne minimale aux usagers.

- **Enrobés flexibles** : Lorsqu'une chaussée municipale présente un fort niveau de dégradations en lien avec sa faible capacité structurale et sa gélivité, la reconstruction est la seule solution permanente. De façon palliative, il est possible de recourir aux enrobés flexibles qui sont spécialement formulés pour recouvrir les supports dégradés et redonner à la chaussée un bon niveau de service. La flexibilité de ces enrobés permet de réduire fortement la remontée des dégradations du support et d'épouser les soulèvements et la fissuration associée. Le recouvrement se fait en deux couches dont une première de correction à une épaisseur moyenne de 25 mm, recouverte d'une couche de roulement uniforme de 50 mm. Cette intervention palliative permet de redonner une capacité structurale à la chaussée.

- **Planage fin sans revêtement** : Le planage fin, de l'anglais fine milling, s'effectue en retirant une mince couche d'enrobés du revêtement existant. Ce type d'intervention redonne un profil transversal sécuritaire à la chaussée et corrige le profil longitudinal. Étant donné la texture plus fine de ce type de planage versus celui régulier, il n'y a aucun besoin d'ajouter une couche d'enrobés au revêtement pour compléter ce type d'intervention. Des normes régissent les différentes opérations de cette technique et la macro texture qui en résulte s'y conforme. Le planage fin atténue les défauts de surface de la chaussée et retarde les interventions majeures.

3. AUSCULTATION DE LA CHAUSSEE

Le dimensionnement du renforcement se base sur les données concernant la route à Renforcer (l'état visuel, mesure de déflexion et l'uni), ceci d'une part, d'autre part sur celles concernant le trafic actuel et son évaluation dans le futur en exploitant les résultats des différentes études se rapportant au trafic (détermination du taux d'accroissement, le pourcentage de poids lourds).

3.1 AUSCULTATION PAR MESURES DE DEFLEXION :

Une déflexion est par définition une modification progressive de position ou d'une trajectoire sous l'effet d'un phénomène physique. En mécanique des structures, une déflexion est le déplacement obtenu en un point d'un corps sous l'effet d'un chargement statique ou dynamique. Elle s'exprime par rapport à la position de ce même corps au repos, dans un référentiel absolu ou lié au point concerné. Elle généralise la notion de flèche, déflexion transverse d'une structure élancée (ex. flèche en y d'une poutre d'axe x).

Elle exprimée en unité de longueur (micron de mètre) sous l'effet de la charge exercée par le défléctomètre. Ce paramètre mesuré permet d'évaluer la portance de la chaussée exprimée par la durée de vie résiduelle calculé à la fin du traitement de toutes ces données. L'amplitude de la déflexion est intimement liée aux propriétés et dimensions du corps de chaussée.

Les déflexions enregistrées au niveau du capteur central représentent les comportements du corps de chaussée entier vis-à-vis des charges exercées par le défléctomètre simulant l'impact d'un véhicule poids lourds se déplaçant à une vitesse de 80 km/h.

a. DESCRIPTION DE L'APPAREIL D'ACQUISITION HWD :

Le défléctomètre à masse tombante utilisé dans le cadre de cette étude est le HWD modèle **8082-86** de Dynatest comme représenter sur la (**Figure 50**) suivante.

Cet appareil permet de recréer la sollicitation mécanique que subit la chaussée lors du passage d'un véhicule lourd et de mesurer la déflexion de la chaussée qui en résulte. La force d'impact crée des ondes de contrainte qui se propagent, créant ainsi une déflexion. Il est important de préciser que cet essai est non destructif.

Le **HWD** est utilisé dans le monde entier depuis plusieurs dizaines d'années. La méthode d'essai pour la mesure de la déflexion à l'aide du **HWD** a fait l'objet d'un projet de recherche Européen dans le cadre du programme **COST**. Le rapport final de l'action **COST 336** décrit en détail les configurations recommandées pour l'exécution d'essais, ainsi que les méthodes d'analyse.

b. DESCRIPTION DE L'APPAREIL HWD MODEL 8082-86 :

Ce défléctomètre à masse tombante consiste en une remorque dans laquelle se retrouvent-le mécanisme d'application de la charge ainsi qu'une règle amovible munie de géophones qui est disposée sur la surface de la chaussée, lors de l'essai la charge est appliquée à l'aide d'une masse, relevée à une certaine hauteur selon la charge désirée, et qui tombe sur une plaque de 300 mm de diamètre muni d'un caoutchouc à sa base afin que la charge soit correctement répartie. La schématisation du fonctionnement du défléctomètre à masse tombante est présentée à la Figure suivante, L'application de la charge dure environ 30 ms.

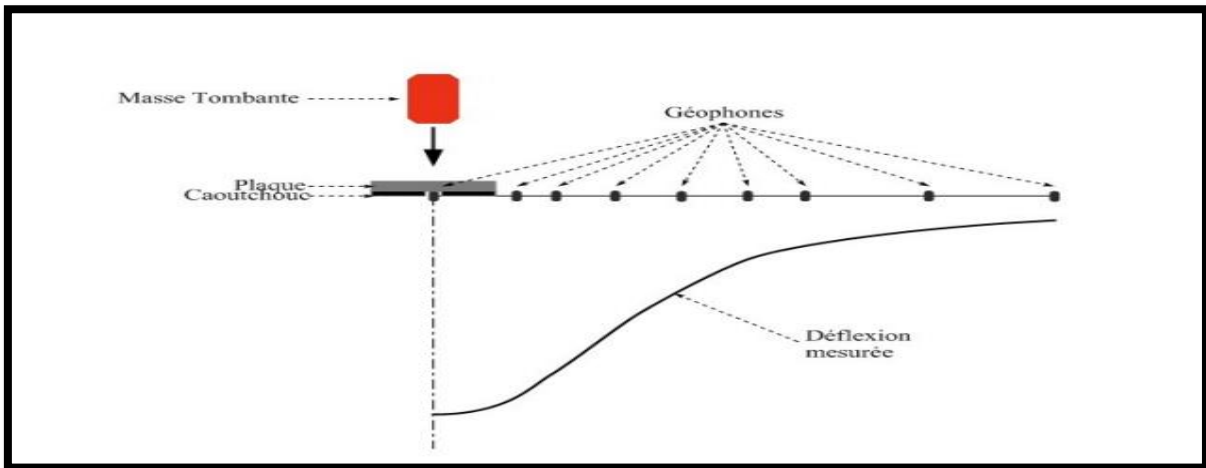


Figure 50 : Le défléctomètre à masse tombante (HWD modèle 8082-86 de Dynatest)

Le défléctomètre à masse tombante peut générer une charge allant de 30 à 260 kN.

Il convient de préciser que la charge standard utilisée pour l'analyse structurale des chaussées correspond à la moitié de la charge de l'essieu de référence, soit 65 kN (6.5T).

En tout, 9 géophones sont utilisés pour mesurer la déflexion de la chaussée, le premier se situant au centre sous la plaque de chargement et les 8 autres sur la règle amovible.

Ces 8 géophones sont placés respectivement à 20 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm et 180 cm du centre de la plaque, comme représenté sur la **Figure 51** suivante :



Figure 51 : Le défléctomètre à masse tombante

Trois types de thermomètre sont utilisés, le premier est un thermomètre à Infrarouge qui mesure la température à la surface de la chaussée, les deux autres mesurent la température de l'air et la température à l'intérieur de la couche bitumineuse, **la figure 52** suivante montre les trois (03) thermomètres.

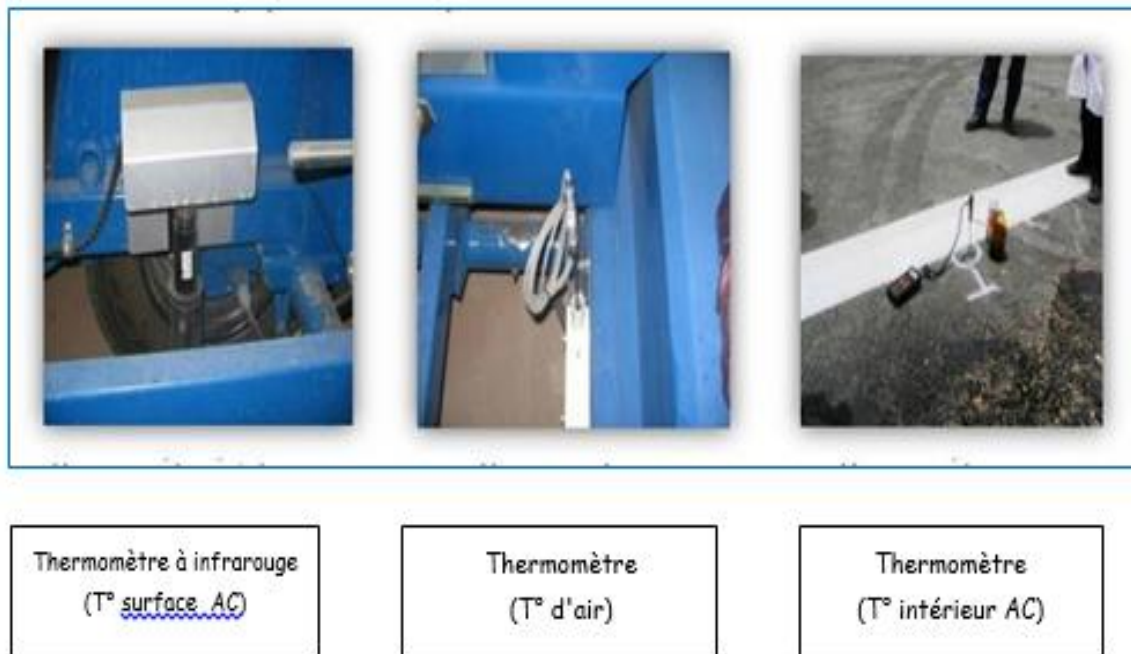


Figure 51 : les trois types de thermomètre à (l'infrarouge, à l'air et à l'intérieur).

c. PRINCIPE DE L'ESSAI :

Le principe de base consiste à simuler une charge roulante exerçant une force de **65 KN**, sous l'effet de cette charge la chaussée subit un affaissement ou une déflexion mesurable grâce à **09** capteurs en surface, c'est ce qui est appelé **le bassin de déflexion**. Cette simulation peut être réalisée par le biais d'une masse de **200 kg** tombant d'une hauteur **325 mm** en heurtant un système d'amortissement en caoutchouc. Cette chute génère une impulsion semi-sinusoïdale pendant une durée de **25 à 30 msec**. Il est important de noter que la température du revêtement doit être mesurée lors de ces essais, car elle influence les propriétés mécaniques du revêtement en enrobé bitumineux, et donc, indirectement sur les déflexions.

De plus, l'interprétation des essais **HWD** nécessite une connaissance de la nature des matériaux et de leur épaisseur, particulièrement pour déterminer leurs modules élastiques par rétro-calcul. Par conséquent, le sondage des matériaux de fondations et des sols sont des activités nécessaires pour l'analyse des essais.

Enfin, Irwin (cité par Rohde (1994)) suggère une règle générale, appelée règle du **2/3** qui explique la distribution des contraintes et l'origine des déflexions mesurées à l'aide du défléctomètre à masse tombante. Cette loi est basée sur le fait que **95%** des déflexions mesurées à la surface du revêtement proviennent de la compression des matériaux situés sous une ligne formant un angle de **34°** avec la surface du revêtement, débutant au droit de la plaque de chargement. Ce concept est présenté à la **Figure 52** suivante :

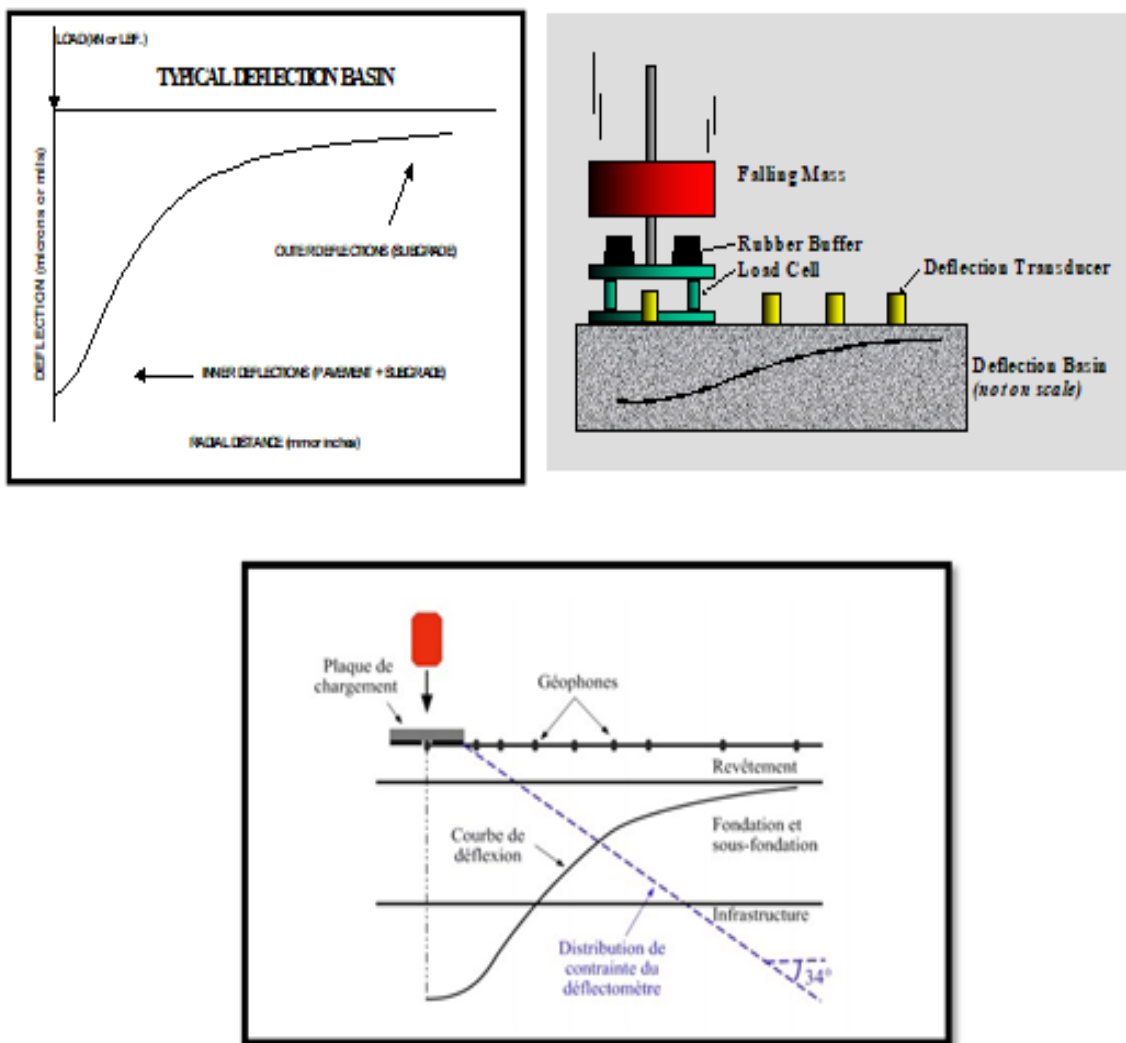


Figure 52 : Le bassin de déflexion

Cette droite d'Irwin permet par ailleurs de déterminer de manière approximative quelle profondeur de couche est sollicitée selon la position du géophone considéré.

Dans le cas de la position de nos géophones, ces correspondances sont présentées au **Tableau 7** ci-dessous :

Géophones mm	200	300	450	600	900	1200	1500	1800
d_{Gi} mm	50	150	300	450	750	1050	1350	1650
P_i mm	34	101	202	304	506	708	911	1113

d. Protocol de diagnostic :

Il a été convenu de procéder à une campagne de mesures de bassins de déflexion au HWD sur la voie de droite tous les 200 mètres sur le tronçon.

Le Protocole HWD consiste à :

- coup de mise en place,
- coups de mise en place à différents niveaux de chargement.

3.1 AUSCULTATION PAR MESURE D'UNI :

L'uni est un critère géométrique caractérisant l'ensemble des dénivellations de la surface de la chaussée par rapport à son profil théorique. C'est donc un indicateur d'état de planéité de la surface de la chaussée.

Il nous informe, sur les irrégularités du profil en long et des déformations fonctionnelles dues à l'usure en surface et au trafic et sur les déformations structurelles liées à la structure de la chaussée et l'état de dégradation.

Un bon uni est l'une des qualités essentielles qu'un réseau routier doit posséder. En effet, l'uni a des incidences néfastes qui intéressent aussi bien l'utilisateur que la structure de la chaussée.

- Incidence sur le confort et la sécurité de l'utilisateur.
- Incidence sur le coût d'exploitation des véhicules.
- Incidence sur la dégradation des chaussées.

a.1 Seuils Admissibles D'uni :

L'index international de rugosité (**IRI**) a été développé par la banque mondiale pendant les années **80 (UMTRI, 1998)**. IRI est employé pour définir une caractéristique du profil longitudinal d'un wheeltrack parcouru et constitue une mesure normalisée de rugosité.

Les unités généralement recommandées sont des mètres par kilomètre (m/km) ou millimètres par mètre (mm/m). **L'IRI** est basé sur la pente rectifiée moyenne (**ARS**), qui est un rapport filtré du mouvement accumulé de la suspension d'un véhicule standard (dans le millimètre, les pouces, etc.) divisé par la distance a voyagé en le véhicule pendant la mesure (**kilomètre, MI, etc.**). **IRI** est alors égal à **l'ARS** multiplié par **1.000**. La balance ouverte d'IRI est montrée sur la **figure 53** suivante :

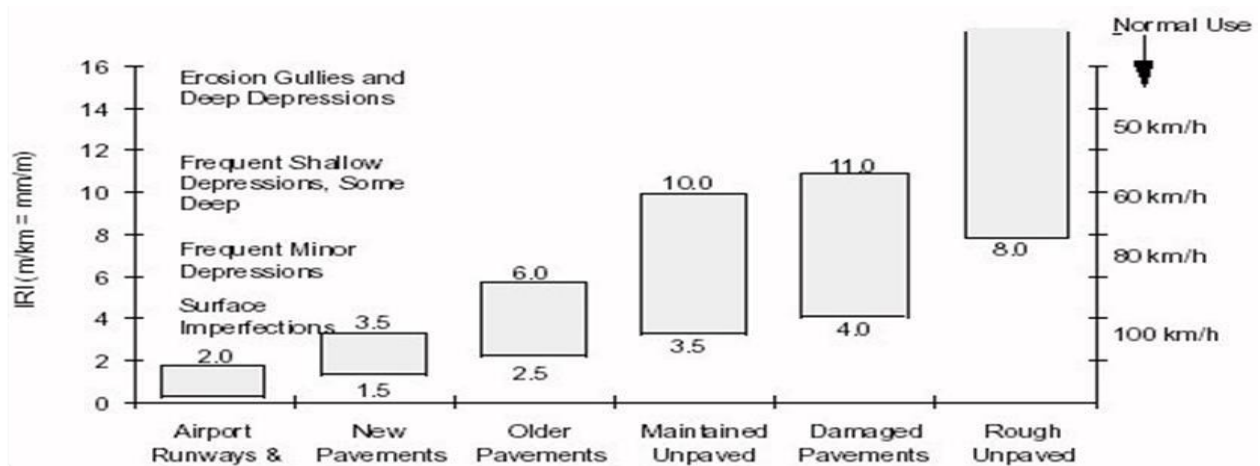


Figure 53 : Seuils admissibles d'uni.

Les mesures d'uni, sur le tronçon de la **RN85** ont été réalisées dans le sens des PK croissants à l'aide de **RSP 5051** de marque Dynatest montrée sur la **figure 54** suivante :



Figure 54 : RSP 5051 de marque Dynatest

4. Verification de la structure vis-a-vis des contraintes et déformations :

Pour établir la vérification du point de vue comportement à moyen terme, on a eu recours au programme **ALIZEIII** pour le calcul des contraintes et déformations.

4.1 Principe du Programme ALIZEIII :

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussées. Il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de Burmister, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six (06) couches supposées infinies en plan.

La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (**r**) avec une symétrie de révolution, Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

4.2 Principe De Calcul Et Introduction De Données :

Il consiste à modéliser une structure, de manière à calculer les contraintes, ainsi que les déformations provoquées par une charge type.

Les « input » du programme **ALIZE III**, sont pour chaque couche :

- L'épaisseur.
- Le module de rigidité (**E**).
- Le coefficient de poisson (**v**).

Pour évaluer les caractéristiques mécaniques des différentes couches, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves nous permet de déterminer les modules de chaque couche de la chaussée.

$$\epsilon_{z, ad} = 22.10^{-3} \times (TCEi)^{(-0.235)} \dots\dots\dots(1)$$

4.3 Détermination Des Limites Admissibles :

a. Déformation Admissible Sur Le Sol Support :

La déformation admissible verticale (**$\epsilon_{z, ad}$**) qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes, est donné par la relation (1) suivante :

Pour chaque classe de trafic **TCEi**, il correspond une valeur de **$\epsilon_{z, ad}$** .

Déformation admissible (**ϵ_t, ad) à la base de l'enrobé :**

Le calcul de la déformation admissible de traction (**t**), à la base des couches bitumineuses est donné par les relations (2) et (3) suivantes :

Avec :

- **TCEi** : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de **13** tonnes sur la durée de vie considérée.

- **b** : pente de la droite de fatigue

- **E (10°C)** : module du matériau bitumineux à (10°C).

- **E (θ_{eq})** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.

- **S** : en fonction de dispersion.

- **SN** : dispersion sur la loi de fatigue.

- **Sh** : dispersion sur les épaisseurs en cm.

- **C** : coefficient égale à **0.02**.

- **Kc** : coefficient de calage (**Kc = 1.3**).

- **ϵ_6** : déformation limitée à **106** cycles **Ou** ϵ_6 (10°C, 25Hz).

Déformation limite détenue au bout de **106** cycles avec une probabilité de rupture de **50%** à **10°C** et **25Hz** (essai de fatigue).

- **t** : Fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%), illustrées dans le **tableau 8** ci-dessous :

Tableau 8 : Valeurs de $t = f(r\%)$.

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

6 CONCLUSION :

Nous avons consolidé les concepts clés et les outils essentiels qui ont été présentés dans ce chapitre.

L'importance de comprendre les paramètres, les méthodes et les logiciels utilisés dans notre étude pour l'analyse, le traitement des données, le calcul et la vérification des structures ne peut être surestimée.

En établissant des définitions claires et en identifiant les outils appropriés, nous avons jeté les bases d'une approche méthodique et rigoureuse pour aborder notre sujet.

CHAPITRE 7 :

Données du projet d'étude

-Chaussée dégradée-

1. Introduction :

La route nationale 85 (RN85) est un axe routier majeur traversant l'Algérie, Ce tronçon d'étude se situe entre le PK5+000 fin de la commune de Collo est début de la commune de Kerekra (Tamalous) jusqu'à le PK 7+700 est affecté par une série de dégradations importantes au niveau de la chaussée. Cette étude a pour but de proposer une solution de renforcement adéquate mettre fin aux dégradations relevées.

2. Données du projet :

Ce travail se concentre sur l'étude de renforcement en s'appuyant sur les résultats de l'étude géotechnique, comptage du trafic, et mesure de déflexions d'un tronçon de cette route (en sens aller et sens retour), situé du PK 5+000 au PK 7+000 sur un linéaire de 2.7 kms, cette section commence à la sortie de Collo et se termine à la sortie de Tamalous la construction de la route a été en **2017**.

L'évaluation de l'état visuel de la **RN85** sur tout le tronçon d'étude, dévoile un état **faible** à **moyen** avec une étendue localisée à généralisé dans certains tronçons nous a donner les dégradations de familles

Elle présente généralement un profil homogène d'une route dédoublée en 2x2 voies.

Illustrez par **la figure 55** ci-dessous :

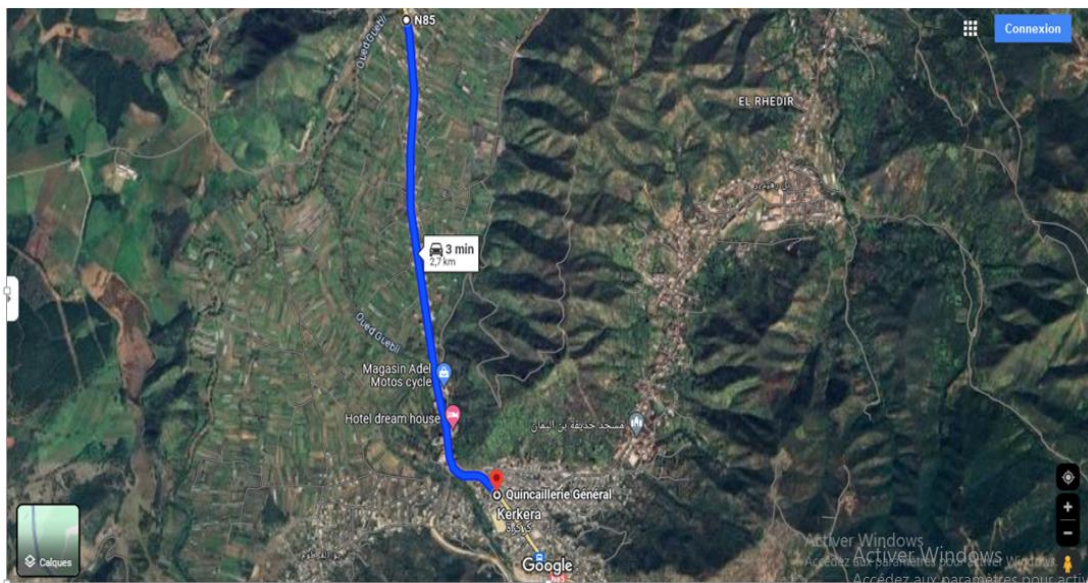


Figure 55 : Vue aérienne du projet.

L'évaluation de l'état visuel de la **RN85** sur tout le tronçon d'étude, dévoile un état **faible** à **moyen** avec une étendue localisée à généralisé dans certains tronçons nous a donner les dégradations de familles

3. Environnement :

Le tronçon en question s'inscrit dans un environnement moyen, caractérisé par de faibles déclivités et de faibles sinuosités.

Le tracé en plan y assure une vitesse de **80 km/h**.

4. Résultats de l'étude géotechnique :

La méthodologie suivie pour mener à bien cette étape est basée sur la réalisation de quatre (04) Sondages à la limite entre la chaussée et l'accotements les sondages ont été réalisés à l'aide d'un engin où des prélèvements des échantillons ont été effectués, ces derniers ont fait l'objet de plusieurs essais d'indentification et classification au niveau de laboratoire régional du CTTP à TEBESSA.

Le programme géotechnique ainsi que l'implantation et localisation des sondages sont illustré dans le **tableau 10** ci-dessous :

Tableau 10 : implantation et localisation des sondages.

Sondage N° :	Localisation	Endroit
S-01	PK : 06+900 sens retour (vers Collo)	Limite (chaussée ; accotement)
S-02	PK : 05+700 sens retour (vers Collo)	Limite (chaussée ; accotement)
S-03	PK : 06+200 sens aller (vers KERKERA)	Limite (chaussée ; accotement)
S-04	PK : 07+400 sens aller (vers KERKERA)	Limite (chaussée ; accotement)

Les différents profils des sondages réalisés sont représentés par la **figure 56** suivante :



**Sondage N° 01 AU PK 06+900 SENS
Retour**



**Sondage N° 02 AU PK 05+700 SENS
RETOUR**



**Sondage N° 03 AU PK 06+200 SENS
ALLER**



**Sondage N° 04 AU PK 07+400 SENS
ALLER**

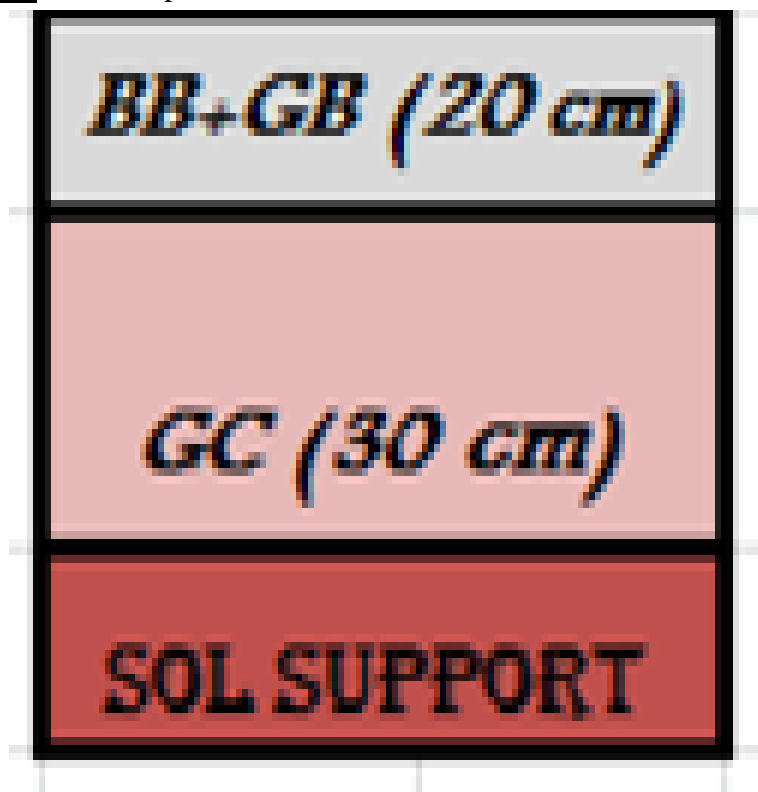
Figure 56 : Les différents profils des sondages

Tableau 11 : Couche et épaisseur récupérer et nature du matériau.

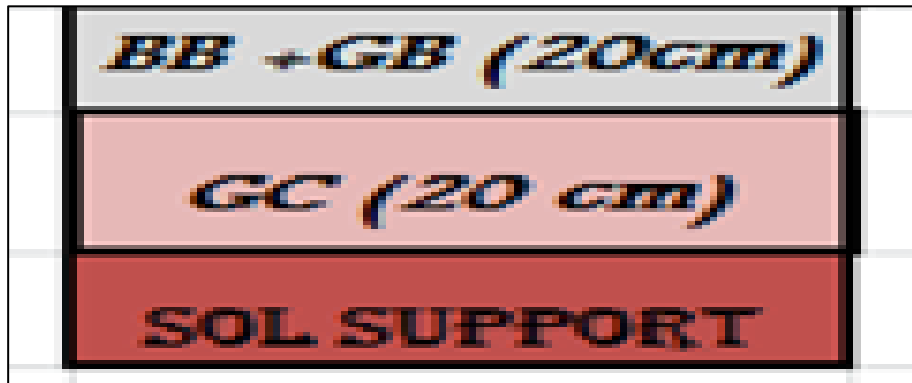
N° de sondage	Localisation (PK)	Type de sondage	Couche et épaisseur récupérer et nature du matériau	N° d'échantillon
S-01	06+900 Sens retour	chaussée	Couche BB + GB sur 20 cm	-
			Couche GC sur 30cm	A-01
			Sol support	B-01
S-02	05+700 Sens retour	chaussée	Couche BB + GB sur 20 cm	-
			Couche GC sur 20cm	A-02
			Sol support	B-02
S-03	06+200 Sens aller	chaussée	Couche BB + GB sur 20 cm	-
			Couche GC sur 10cm	A-03
			Couche TVC sur 20cm	B-03
			Sol support	C-03
S-04	07+400 Sens aller	chaussée	Couche BB + GB sur 20 cm	-
			Couche GC sur 03 cm	-
			Couche TVC sur 40cm	A-04
			Sol support	B-04

Les différentes couches composantes le corps de chaussée au niveau des points de sondages réalisés sont illustrées dans **la figure 57** ci- dessous :

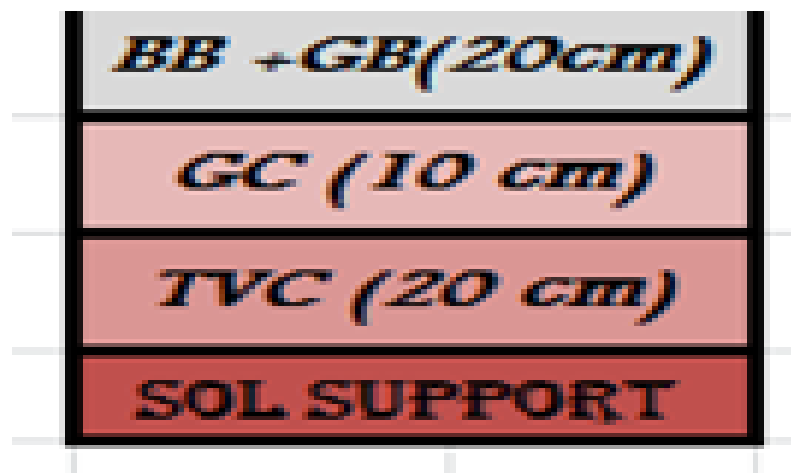
- Sondage N° 01 : sur une profondeur de 90cm de la RN85 au PK6+900 (sens retour).



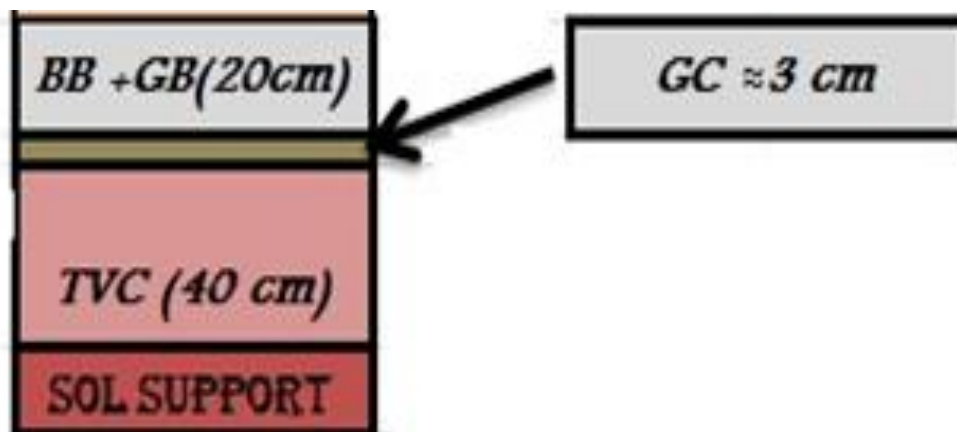
- **Sondage N°02** : sur une profondeur de 60cm de la RN85 au PK5+700 (sens retour).



- **Sondage N° 03** : sur une profondeur de 90cm de la RN85 au PK6+200 (sens Aller).



- **Sondage N° 04** : sur une profondeur de 80cm de la RN85 au PK7+400 (sens Aller).



Figures 57 : Les différentes couches composantes le corps de chaussée au niveau des points de sondages.

*** SOL SUPPORT :**

Les résultats des essais réalisés sur les sondages prélevés à partir du sol support sont représentés dans **le tableau 12** suivant :

Tableau 12 : Résultats des essais sol support

Localisation PK	Granulométrie				Limites D'atterberg			Proctor Modifié		CBR 95% Opm	Classification selon GTR			
	D _{max} (mm)	% Tamisât à 2mm	% Tamisât à 50mm	% Tamisât à 80µm	WL	W _p	IP	D Max (t/m ³)	W _{opt}		Classe	Description	Sous Classe	Classification GTR
06+900 (Sens retour)	≤ 50	65	100	46	36.36	21.23	15.13	02.02	9.98	07.21	A	sols fins	A ₂	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes
06+200 (Sens aller)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12.74	/	/	/	/
06+700 (Sens retour)	>50	41	76	20	36.08	23.63	12.45	2.10	8.6	20.36	C	Sols comportant des fines et des gros éléments	C ₁ B _s	Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières
07+400 (Sens aller)	≤ 50	71	100	26	38.76	25.5	13.26	1.98	10.64	13.06	B	Sols sableux Et graveleux avec fines	B _s	Sables et grèves, argileux à très argileux

❖ **Interprétations :**

- Les analyses granulométriques réalisées sur les matériaux du sol support donnent des courbes Uniformes, les tamisats à 2 mm (%) varient de 41 à 71%, avec un pourcentage de fines qui varient de 20 à 46%, avec un D_{max} supérieur à 50mm pour le **sondage N°02** et un D_{max} inférieur ou égale à 50mm pour les **sondages N°01 et N°04**.

- Les résultats des limites d'Atterberg, obtenues, donne un indice de plasticité varie de 12.45 à **15.13%** pour les sondages N° (**1, 2,3 et 4**), une limite de liquidité varie de **36.08 à 38.76%**.
- Les résultats des densités sèches maximales obtenues par l'essai Proctor modifié varie de **1.98 à 2.10 t/m3** pour des teneurs en eau optimale de **08.60% à 10.64 %**.
- Les résultats de l'indice de portance à différentes énergies, déterminés par l'essai **CBR**, associant aux données de l'essai Proctor modifié, nous ont permis de déterminer l'indice de portance à **95 %** de l'optimum qui varie entre **07.21 à 20.36** définissant ainsi un sol de portance moyenne classée selon le catalogue de dimensionnement un sol de classe **S3** pour les sondages N°01, et un sol de classe **S2** pour les sondages N°(02, 03 et 04).
 - Ces données ont permis de classer ces matériaux selon la classification géotechnique **GTR** comme étant un sol de classe **A** dans la sous-classe est **A2** (Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes) pour le sondage N°01, un sol de classe **C** dans la sous-classe est **C1B6** (Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières) pour le sondage N°02,
 - Et un sol de classe **B** dans la sous-classe est **B6** (Sables et graves, argileux à très argileux) pour le sondage N°04.

* **COUCHE DE FORME :**

Les résultats des essais réalisés sur les sondages prélevés à partir de la couche de forme sont représentés dans le tableau 13 suivant :

Tableau 13 : Résultats des essais pour couche de forme

Localisation PK	Granulométrie				Propreté	Proctor Modifié		Classification selon GTR			
	Dmax (mm)	% Tamisât à 2mm	% Tamisât à 50mm	% Tamisât à 80µm	ES %	γD Max (t/m3)	Wopm	Classe	Description	Sous Classe	Classification GTR
06+200 (Sens ALLER)	≤ 50	32	100	16	28.12	02.18	06.49	B	Sols sableux et graveleux avec fines	/	/

❖ **Interprétations :**

- Les analyses granulométriques réalisées sur les matériaux de la couche de forme donnent des courbes Uniformes, les tamis à **2 mm (%)** d'une valeur de **32%**, avec un pourcentage de fines d'une valeur de **16 %**, avec un **Dmax** inférieur ou égale à **50 mm** pour le sondage N°03.

- Les résultats des densités sèches maximales obtenues par l'essai Proctor modifié d'une valeur de **2.18 t/m³** pour des teneurs en eau optimale de **06.49 %**.
- En matière de propreté la valeur d'équivalent de sable pour **le sondage N°03** d'une valeur de **28.12** est inférieure à **40%**, cette valeur montre que le matériau est contaminé.
- Ces données ont permis de classer ces matériaux selon la classification géotechnique **GTR** comme étant un sol de **classe B** (Sols sableux et graveleux avec fines).

*** COUCHE DE FONDATION :**

Les résultats des essais réalisés sur les sondages prélevés à partir de la couche de fondation sont représentés dans le **tableau 14** suivant :

Tableau 14 : Résultats des essais couche de fondation

Localisation PK	Granulométrie				Propreté	Proctor Modifié		Classification selon GTR			
	Dmax (mm)	% Tamisât à 2mm	% Tamisât à 50mm	% Tamisât à 80µm	ES %	γD Max (t/m ³)	W opm	Classe	Description	Sous Classe	Classification GTR
06+200 (Sens ALLER)	≤ 50	25	100	8	48.3	2.23	04.17	B	Sols sableux Et graveleux Avec fines	B ₃	Graves silteuses
05+700 (Sens retour)	≤ 50	40	100	19	35.25	02.21	04.84	B	Sols sableux et graveleux avec fines	/	/

❖ Interprétations :

- Les analyses granulométriques réalisées sur les matériaux de la couche de fondation donnent des courbes Uniformes, qui présentent relativement différente allure, les tamis à **2 mm (%)** d'une valeur qui varie de **25 à 40%**, avec un pourcentage de fines d'une valeur qui varie de **08 à 19%**, avec un **D_{max}** supérieur à 50mm.
- Les résultats des densités sèches maximales obtenues par l'essai Proctor modifié d'une valeur qui varie de **2.21a 2.23 t/m³** pour des teneurs en eau optimale de **04.17a 4.84 %**.

- Ces données ont permis de classer ces matériaux selon la classification géotechnique **GTR** comme étant un sol de classe B dans la sous-classe est B3 (Graves silteuses) pour le **sondage N°03**. un sol de **classe B** (Sols sableux et graveleux avec fines) pour le **sondage N°02**.

5. Résultats de l'étude du trafic :

L'étude du trafic a été réalisée par le CTTP, la compagnie de comptage du trafic a été effectuée pendant la période du 09/12/2021 au 15/12/2021, en utilisant deux types de sondages (manuel et automatique) pour déterminer la valeur maximale du trafic ainsi que le pourcentage de poids lourds.

Les résultats de compactage sont représentés comme suit :

- **Sens allé** : Le trafic journalier a atteint son maximum le jeudi avec **5.166** véhicules, et les véhicules lourds représentent un pourcentage de **20.10 %**.
- **Sens retour** : Le trafic journalier a atteint son maximum le jeudi avec **5.134** véhicules, et les véhicules lourds représentent un pourcentage de **23.60 %**.

6. Relevé de dégradations de la chaussée :

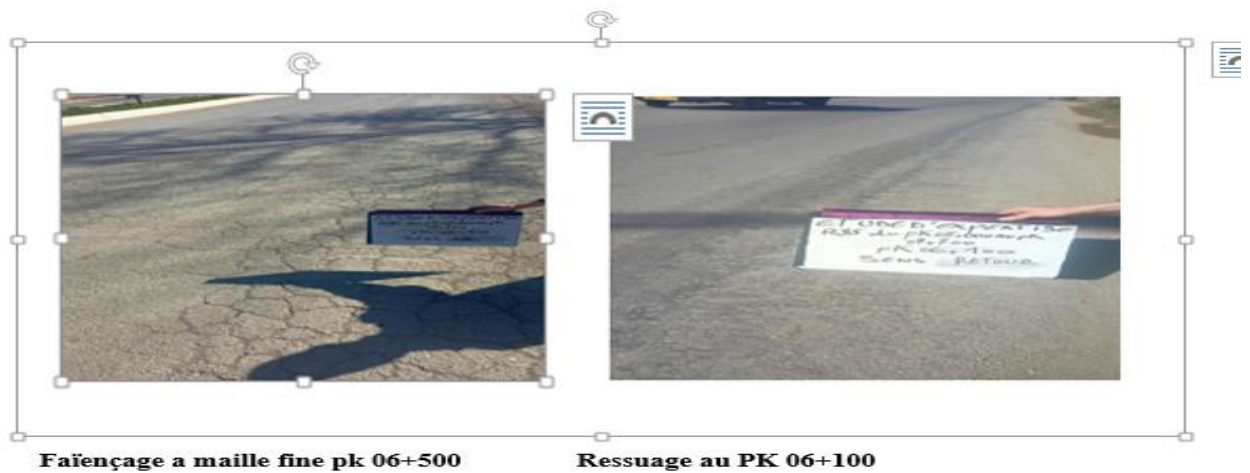
L'évaluation de l'état apparent de la route est basée sur l'examen visuel de la chaussée qui a permis de déterminer la nature et l'intensité des dégradations apparues au niveau de la route, et de formuler les premières hypothèses au sujet des causes probables des dégradations constatées.

Au niveau de la route objet d'étude, un relevé détaillé de dégradations a été effectué en mars l'année 2023, en relevant d'une part les types des différentes dégradations observés, leur localisation, et d'autre part en estimant le degré et l'étendue de chaque dégradation pour pouvoir apprécier l'état actuel de la chaussée.

L'évaluation de l'état visuel de la RN85 sur tout le tronçon d'étude, dévoile un état faible à moyen avec une étendue localisée à généralisé dans certains tronçons nous a donner les dégradations de familles :




- fissuration de type fissuration longitudinal et transversal, faïençage.
- arrachement de type nief de poule.
- mouvement des matériaux de type ressuage.



L'évaluation de l'état visuel de la chaussée est récapitulée dans le **tableau 15** suivant :



a. Les causes probables de dégradation :

Tableau 16 : Les causes probables de dégradation.

Photo	Type de dégradation	Cause probable
	Fissure longitudinale	-Fatigue du revêtement -Capacité structurale insuffisante -Mauvais drainage des couches granulaires de la chaussée
	Fissure transversale	-Retrait thermique - Vieillissement et fragilisation du bitume -Remontée de fissures après les travaux de surfacage
	Faïençage a maille fine	-Epaisseur de revêtement insuffisante -Vieillissement et fragilisation du bitume -Capacité portante insuffisante

	Nid poule	<ul style="list-style-type: none"> - Faiblesse ponctuelle de la fondation. - Épaisseur insuffisante du revêtement - Chaussée fortement sollicitée par le trafic lourd
	Ressuage	<ul style="list-style-type: none"> Surdosage du bitume. -Effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic. -Excès de liant d'accrochage.

❖ INTERPRETATION :

Sur la base du relevé visuel des dégradations observées le long du tronçon de route, nous pouvons conclure à priori que le tronçon objet d'étude est généralement dégradé, sa surface de roulement revêtue en béton bitumineux présente :

- des faiencages à mailles fines avec des affaissements.
- des dégradations en formes de nids de poule.
- des fissures longitudinales ainsi que des fissures transversales.
- Ressuage du au mouvement des matériaux.

Au vu de ces dégradations et du trafic en poids lourds que drainent cette route et à l'élévation de Température ou épaisseur de revêtement insuffisante, nous jugeons que les causes probables sont dues à l'agressivité accrue de poids lourd, au vieillissement et à la fatigue du revêtement

* Synthèse d'inspection et des dépendances :

a. Accotements :

Relevé visuel des dégradations sur accotement dans **RN85 Du PK 05+000 Au PK 07+700.**

Les résultats d'inspection réalisée l'année 2023 sur les accotements de la route sont représentés dans le **tableau 17** suivant :

Tableau 17 : Relevé visuel des dégradations sur accotement.

Etat de dégradation	Localisation		Largeur moyenne	Observation
	Sens	PK ... au PK...		
Mauvais	Croissant	PK 05+000 au PK 06+000	1.5 à 2 m	Non protégé (Mauvais) , acct couvret par la boux.
Mauvais	Croissant	PK 06+000 au PK 07+000	1.5 à 2 m	denivlé entre chaussee et acct, acct couvret par la boux.
Mauvais	Croissant	PK 07+000 au PK 07+700	1 à 1.5 m	non revetu , denivlé entre chaussee et acct

* **La Figure 59** ci-dessous montre l'état des accotements :



Accotement non protégé PK 05+600

Dénivelé entre chaussée et accotement PK 06+100



Non revêtu, Dénivelé entre chaussée et accotement PK 06+500



Accotement en Dénivelé couvert par la boue PK 06+900



Accotement non protégé PK 07+100



Accotement non revêtu PK 07+500



Accotement Revêtu PK 07+100



Stagnation des eaux PK 05+400



Accotement dégradé PK 06+900

Figure 59 : Relevé visuel de l'état des accotements

❖ **INTERPRETATION :**

L'examen visuel de l'état des accotements de la **RN 85**, s'étalent sur une largeur de **1,00** à **2,00** m, et ces derniers ne sont pas protégés dans la majorité du linéaire ce qu'il a causé des dégradations, suivie par la stagnation des eaux qui représente l'une des raisons de la dégradation de la chaussée en rive.

b. Réseau d'assainissement :

Relevé visuel des dégradations des ouvrages busés ; dalot et fosses sur la RN85 Du PK 05+000 Au PK 07+700, on a constaté manque des ouvrages hydrauliques et aucun fosses à été réaliser sur toute la linière du projet.

c. Glissières de sécurités :

Aucune glissière de sécurité sur le long du la route.

❖ **CONCLUSION :**

Nous pouvons dire que le relevé visuel des dégradations effectué au niveau du tronçon de route étudié a permis d'identifié les types de dégradations et d'en déterminer la sévérité.

Nous avons pu noter la présence :

- de fissurations sous formes de fissurations longitudinal et transversal dans la section du PK 5+000 au PK7+700 accompagné d'un faïençage à mailles fines dans la même section, d'une gravité faible à moyenne avec une étendue localisée à généralisé dans certains tronçons.

- Arrachement sous forme nid de poule dans la section du PK 9+800 au PK7+700.
- Mouvement de matériau sous forme ressuage dans la section du PK 5+800 au PK6+100.
- Comme première analyse nous pouvons dire que la chaussée est dans un état de fatigue plus ou moins avancé sur une partie de la route, cela nous ramène vers une solution de renforcement.
- Les accotements présentent un état mauvais avec un manque du réseau d'assainissement et signalisation verticale (glissière de sécurité) sur toute la linère du projet qui montre une absence d'entretien.

7. Mesure de déflexion :

Une déflexion est le déplacement obtenu en un point d'un corps sous l'effet d'un chargement statique ou dynamique. Elle est exprimée en unité de longueur (micron de mètre) sous l'effet de la charge exercée par le déflectomètre. Ce paramètre mesuré permet d'évaluer la portance de la chaussée exprimée par la durée de vie résiduelle calculé à la fin du traitement de toutes ces données.

L'importance de la déflexion d'une route sous les charges dépend principalement de la rigidité de sa structure. Typiquement, les déflexions engendrées par une même charge seront plus importantes sur une route souple bitumineuse que sur une route rigide en béton.

Les essais ont été réalisés le **18 Octobre 2021**, plusieurs points ont été relevé et une mesure a été effectué chaque 200 m.

Les résultats des déflexions pour chaque zone homogène sont illustrés dans les **figures 60 et 61** ci-dessous :

- **Sens ALLER :**

Section n°01 : du PK 05+000 AU PK 06+800.

Les résultats de compagnie de mesures sont illustrés dans le **tableau 17** ci-dessous

Les résultats de compagnie de mesures sont illustrés dans le **tableau 18** ci-dessous :
Résultats déflexion SENS ALLER PK 05+000 au PK 6+800.

La valeur déflexion moyenne enregistrée au niveau du géophone centrale est égale à 295.72 μm , les déflexions varient entre une valeur maximale égale à 457.20 μm et une autre minimale égale à 210.70 μm , mesurées au niveau du PK 06+800 et au PK 05+000 respectivement.

Station	Stress	Force	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Max	944.00	66.73	457.30	457.20	399.30	345.10	303.00	221.40	161.10	112.40	66.40
Min	899.00	63.55	210.70	183.20	160.70	130.30	107.30	73.10	53.00	40.00	25.80
moyenne	922.90	65.24	295.72	268.54	242.03	203.51	171.51	117.44	82.59	58.82	37.12

Illustré par la **figure60** ci –dessous :

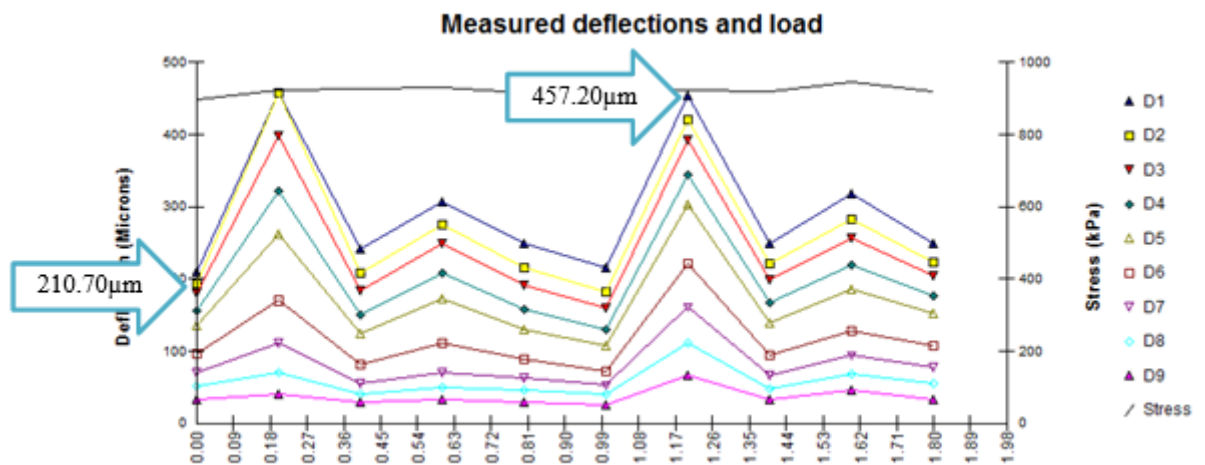


Figure 60 :RN85 sens aller –PK 05+000 AU PK 06+800.

- **Sens RETOUR**

Section N° 01 : du PK 06+800 AU PK 5+000

Les résultats de compagnie de mesures sont illustrés dans le **tableau 18** ci-dessous :

Résultats déflexion SENS retour PK 06+800 au PK 5+000 la valeur déflexion moyenne enregistrée au niveau du géophone centrale est égale à 385.56 μm , les déflexions varient entre une valeur maximale égale à 495.80 μm et une autre minimale égale à 206.50 μm , mesurées au niveau du PK 6+800 et au PK 05+000 respectivement.

Station	Stress	Force	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Max	923,00	65,24	365,50	330,10	286,80	251,50	212,30	156,30	118,10	86,00	58,20
Min	881,00	62,27	146,20	128,80	118,30	100,80	86,20	60,70	44,80	33,50	18,70
moyenne	913,40	64,56	285,51	255,30	231,04	195,69	165,47	115,54	82,78	59,98	38,85

Illustré par la **figure 61** ci –dessous :

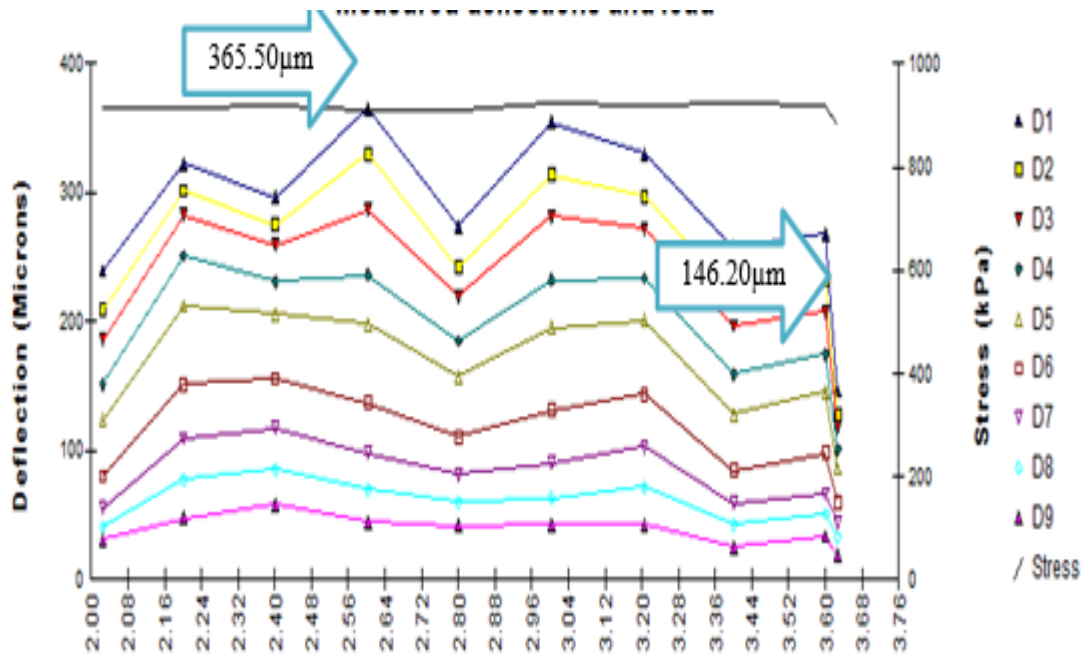


Figure 61 : RN85 sens retour –PK 06+800 AU PK 5+000.

Les déflexions enregistrées au niveau du capteur central représentent les comportements du corps de chaussée entier vis-à-vis des charges exercées par le défléctomètre simulant l'impact d'un véhicule poids lourds se déplaçant une vitesse de 80 km/h.

8. CONCLUSION :

L'investigation géotechnique sur la section objet de notre étude est basée sur quatre (04) Points de sondages réalisés sur la chaussée et sur les accotements, et après plusieurs essais d'identification et de portance effectués au niveau du laboratoire régional CTP à Tébessa, on a pu constater :

Que le choix de la structure de renforcement se base sur plusieurs paramètres qui sont :

- environnement.
- étude géotechniques.
- étude de trafic.
- relevés visuels des dégradations de la chaussée.
- mesures de déflexion.

* Les mesures de déflexion montrent que l'état du corps de chaussée est moyen sur l'ensemble du tronçon avec la plus grande déflexion est égale $457.20 \mu\text{m}$ et une autre minimale égale à $210.70 \mu\text{m}$, mesurées au niveau du PK 06+800 et au PK 5+000 ; ces valeurs montrent que la portance du corps de chaussée est moyenne.

Le relevé visuel des dégradations effectué au niveau du tronçon a permis d'identifier les types de dégradations et leurs causes.

On a pu noter la présence des dégradations de type superficiel sous forme de fissures longitudinales, fissures transversales et faïençages à mailles fines, des arrachements de type pelade et Nid de poule d'une gravité faible à moyenne avec une étendue localisée à généralisé dans certains tronçons,

D'une première analyse nous pouvons dire que la chaussée est dans l'état de fatigue cela nous ramène vers une solution de renforcement.

CHAPITRE 08 :

Renforcement des chaussées

1. INTRODUCTION

Le dimensionnement d'une structure de chaussée (neuve ou renforcée) consiste à appliquer l'ensemble d'objectif (durée de vie) à un faible coût et de bonne conditions de sécurité et confort, tout en prenant compte l'ensemble de paramètre (trafic, climat, matériaux locaux et politiques d'entretien).

Pour cela la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne étude du sol support et un choix exact des matériaux à utiliser, cela ça va permettre de résister aux effets des agents extérieurs (l'environnement de la route, le climat essentiellement, et aux surcharges d'exploitations le trafic).

2. Facteurs à déterminer pour le dimensionnement de la chaussée :

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

2.1 Trafic :

- **Données du projet :**

En se basant sur les données de trafic effectuées par le service concerné de la **DTP de CTTT**
-Alger-.

Sur le tronçon **pk 5+.000** du **pk 7+700**

- Année de comptage : **2021**
- Année de mise en service : **2025**
- Durée de vie choisie pour le renforcement **10 ans**
- taux d'accroissement annuel **i = 5 %**.
- Coefficient de charge **0.70**

Les résultats de compactage sont repartis comme suit :

- Sens aller : $TJMA_{2021}=5166 \text{ v/j}$, $Z=$ % $PL= 20,10$ %.
- Sens retour : $TJMA_{2021}=5134 \text{ v/j}$, $Z=$ % $PL= 23,60$ %.

* On traite la chaussée dans le sens le plus chargée (sens retour).

- **TJMA_h** : trafic à l'année de mise en service. (**2025**)
- **TJMA₀** : trafic à l'année de comptage (**2021**).

A l'année de comptage le trafic poids lourd par voie de circulation :

1. Répartition transversale du trafic :

on adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL.
- Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50 % du trafic PL.

- Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL

$$\text{TPL} = (\text{TJMA} \times Z).$$

En n'est dans le cas d'une Chaussée unidirectionnelles à 2 voies on prend 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

- **1^{er} cas Sens aller :**

- TJMA₂₀₂₁=5166 v/j, Z= % PL= 20,10 %.

$$\text{TPL} = (5166 \times 20,10 \times 0,01 \times 0,9) = 934,53 \text{ (v / j /sens)}.$$

- **2^{ème} cas Sens retour :**

- TJMA₂₀₂₁=5134 v/j, Z=% PL= 23,60 %.

$$\text{TPL} = (5134 \times 23,60 \times 0,01 \times 0,9) = 1090,46 \text{ (v / j /sens)}.$$

On traite la chaussée dans le sens le plus chargée (sens retour).

$$\text{TPL} = 1090,46 \text{ (v / j /sens)}.$$

2. **Détermination du trafic a l'année de mise en service (Tms) :**

$$\text{Tms} = (1 + i)^n \times \text{TPL} \quad / \quad n = 2025 - 2021 = 4 \text{ ans}$$

$$\text{Tms} = (1 + 0,05)^4 \times 1090,46 = 132.546,09 \text{ (v / j /sens)}.$$

$$\text{Tms} = 1325,46 \text{ (v / j /sens)}.$$

Où - **i** : Taux d'accroissement annuel.

- **n** : Nombre d'année s'écoulant entre l'année de comptage (2021) et l'année de mise en

Service (2024).

- **TPL** : Trafic poids lourd par voie de circulation considérée.

3. **Détermination du trafic cumulé pour la durée de vie escompté :**

Nous avons la formule suivante :

$$\text{TC} = \text{Tms} \left[1 + \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \times 365$$

$$\text{TC} = 1325,46 \left[1 + \frac{(1+0,05)^4 - 1}{0,05} \right] \times 365$$

$$\text{TC} = 2,57 \times 10^6 \text{ (v / j /sens)}.$$

Avec :

- **n** : durée de vie escomptée.
- **TPL** : Trafic poids lourds à l'année de mise en service.
- **i** : taux de croissance du trafic

4. Détermination de la classe de trafic de calcul :

Les classes de trafic considérées pour le dimensionnement des structures de renforcement sont celles définies à partir du trafic cumulé pour la durée de vie escomptée illustré par le **tableau18** ci-dessous :

Tableau 18 : classes de trafic d'après le trafic cumulé à la fin de la durée de vie escompté

Classes de trafic	Trafic cumulé à la fin de la durée de vie escomptée en nombre cumulé de poids lourd de CU>5t
T0	<3,5.
T1	3,5.10 ⁵ à 7,3.10 ⁵
T2	7,3.10 ⁵ à 2,0.10 ⁶
T3	2,0.10 ⁶ à 7,3.10 ⁶
T4	7,3.10 ⁶ à 4,0.10 ⁷
T5	>4,0.10 ⁷

Sachant que : $TC = 2,57 \times 10^6$ (v / j /sens), on distingue que le classement de trafic de notre route est : **T3**.

5. Détermination du trafic cumulé écoulé supporté par l'ancienne chaussée (Te) :

Il se détermine sur la voie la plus chargée :

$$Te = TJMA \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \times 0,5 \times 365.$$

$$Te = 5134 \times \left[\frac{(1+0,05)^4 - 1}{0,05(1+0,05)^4} \right] \times 0,5 \times 365$$

$$Te = 5134 \times \left[\frac{(1,05)^4 - 1}{0,05(1,05)^4} \right] \times 0,5 \times 365$$

$$Te = 1,874 \times 10^7 \text{ (v / j /sens)}$$

- **TJMA=5134 v/j** /sens : trafic journalier moyen annuel (à l'année de mesure de déflexion **octobre 2021**).

- **n = 8 ans (2021-2017=08 ans)** : âge en années de la chaussée depuis la construction (en 2017) jusqu'à l'année de mise en service).

6. Définition de la déflexion caractéristique (dc) :

La déflexion caractéristique est définie par l'expression suivante : **dc = m+2σm**.

- m : moyenne

- $m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$

- di : déflexion au point i.

Station	D1
Max	457.30
Min	210.70
moyenne	295.72

D'après le **tableau** on alors **m = 295,72 μm**.

m = 295,72 μm.

$$\sigma^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (m - d_i)^2$$

- σ : écart type avec

- n =9 station.

* **calcul di :**

Station	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
moyenne	285,51	255,30	231,04	195,69	165,47	115,54	82,78	59,98	38,85

- **di= (285,51+255,30+231,04+195,69+165,47+115,54+82,78+59,98+38,85)/9=158,91 μm.**

σ =444,41347 μm

Donc : dc = m+2σm

dc = 295,72+2x444.50= 1184,72 μm= 118,5 ×10⁻² mm.

7. Coefficients de correction :

- Influence saisonnière (Cs) :

Le Cs est un coefficient correcteur de la déflexion caractéristique, il est fonction de la nature du sol et de la sensibilité à l'eau. On peut le tirer du **tableau19 ci-dessous** :

Sachant que la déflexion est mesurée octobre **2021** (saison sèche) et le sol de nature sable graveleux, on peut prendre **Cs=1,2**.

NATURE DU SOL	COEFFICIENT CORRECTEUR EN FONCTION DE LA SAISON (Cs)		
	Saison sèche	Saison intermédiaire	Saison humide
Sableux, graveleux et perméable	1,20 - 1,30	1,10 - 1,20	1,00
Argileux	1,30 - 1,50	1,20 - 1,30	1,00

REMARQUE :

- * On considère en Algérie comme :
 - saison humide : de début novembre à fin avril
 - saison intermédiaire : de début mai à mi-juin
 - saison sèche : de mi-juin à fin octobre.

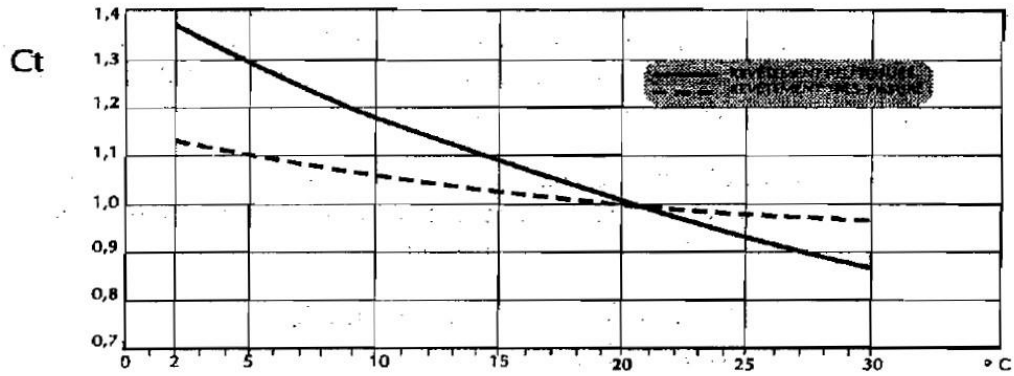
- Influence de la région climatique (Cr) :

Le projet est au nord d'Algérie donc $Cr=1$ On à tirer du **tableau20 ci-dessous** :

REGION	COEFFICIENT CORRECTEUR EN FONCTION DE LA REGION CLIMATIQUE (Cr)
NORD	1,00
HAUTS-PLATEAUX	0,70 - 0,90
SAHARA	0,40 - 0,60

- Influence de la température du revêtement (Ct) :

Pour une température de référence de **20°**, chaussée bitumineuse et épaisseur de l'enrobé > 10 cm **Ct=1** selon la **figure 62** ci-dessous :



- **Déflexion de calcul :**

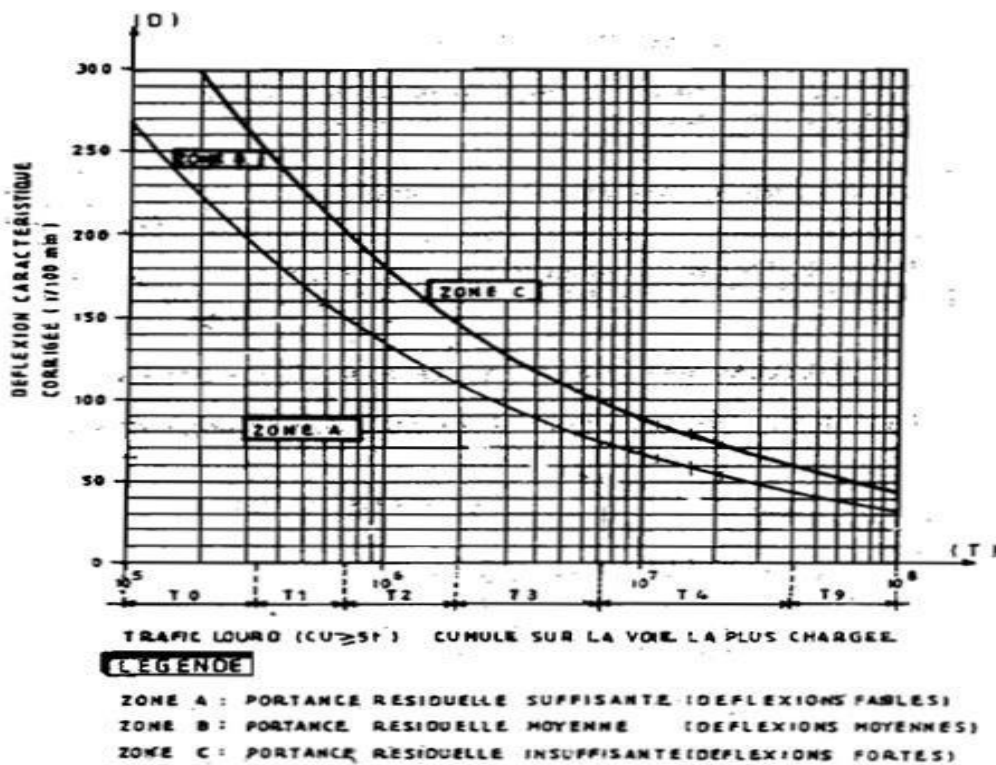
• $d = d_c \times C_s \times C_r \times C_t = 118,7 \times 10^{-2} \times 1,2 \times 1 \times 1 = 142,44 \times 10^{-2} \text{ mm.}$

- **La portance résiduelle :**

On peut la tirer du graphe suivant, fonction de Tc ou Te et la déflexion de calcul d'unité (1/100 mm).

On a T3 et d=142,44 (1/100) mm, on trouve que la portance résiduelle est insuffisante dans la zone C, donc la déflexion est forte.

selon la **figure 63** ci-dessous :



8. Dimensionnement du renforcement :

a. Détermination du type de renforcement :

Des grilles de décisions ont été établies pour conduire au choix du type de renforcement :

- Léger
- Moyen
- Lourd
- Très lourd

Cependant, on définira le type de renforcement de chaque section homogène de route en fonction :

- De l'importance du trafic (classes de trafic définies précédemment) **T3**.
- Des critères d'auscultation de la chaussée (**dégradation, UNI, déflexion**).
- déflexion est forte (**zone C**).
- dégradations moyenne.

Il est à noter que par manque de données sur la mesure de l'Uni, nous avons adopté un Uni moyen en analysant les résultats et les photos du relevé visuel des dégradations.

Pour cela, on va choisir un type de renforcement très lourd.

Selon le **Tableau21** ci-dessous :

A : BON - B : MOYEN - C : MAUVAIS

	UNI			DEFLEXION			DEGRADATION		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
ENTRETIEN	○			○			○		
LEGER	○			○			○		
	○			○	○		○	○	
	○	○		○			○		
MOYEN	○			○			○		
	○			○	○		○		○
	○	○		○			○		○
	○	○		○	○		○	○	
	○	○	○	○			○		○
LOURD			○						○
		○			○			○	○
		○			○			○	○
		○	○		○	○	○	○	
TRES LOURD		○			○			○	○
			○		○			○	○

b. Dimensionnement des structures

Le catalogue de structure type de renforcement qui suit propose des structures pour trois (03) types de matériaux :

- Grave non traitées
- Matériaux traités aux liants hydrocarbonés
- Matériaux traités aux liants hydrauliques

Ces structures peuvent être adaptées en fonction de deux paramètres déterminés au préalable.





- La classe de trafic
- Le type de renforcement décide lors du diagnostic en conjuguant les critères d'états de la chaussée.

c. Les techniques de renforcement :

- Base : Grave bitume (GB).
- Revêtement : Béton bitumineux (BB)

Selon la **figure 65** ci-dessous :

**** Base : Grave concassée(GC) , Revêtement : Béton bitumineux (BB).**

Type de Renforcement / Classes de trafic	léger	moyen	lourd	très lourd
T3	 5BB 15 GC	 5BB 15 GC	 5BB 20 GC	 5BB 25 GC



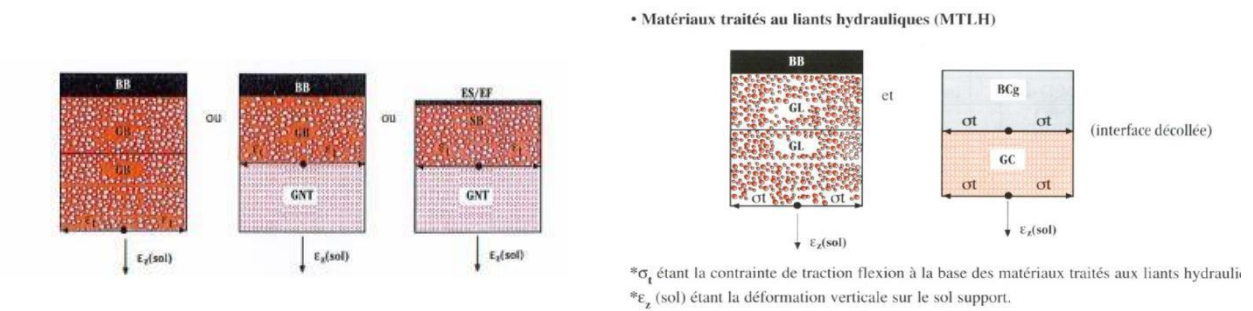
Selon la figure 65 ci-dessus on n'a adopté la structure de type :
5BB + 25 GC.

9. Détermination des limites (seuils) admissibles :

Dans une structure du corps de chaussée on distingue plusieurs couches superposées reposant sur le sol support, ce qui revient à calculer plusieurs valeurs de contraintes et déformations admissibles. **ALIZE-LCPC** nous détermine selon la composition du corps de chaussée à vérifier, les contraintes et les déformations au niveau de l'interface de chaque couche.

Pour notre application on s'intéressera à la contrainte admissible σ_t adm due à la traction dans les fibres inférieures de la couche traitée au liant hydraulique (GC), et à la déformation admissible ϵ_z adm due à la traction dans les fibres inférieures de la couche GB, par contre pour le sol support, ce qui est important c'est de limiter le tassement et par conséquent la déformation verticale donc on calculera ϵ_z adm.

Selon la figure 66 ci-dessus :



Avant de déterminer les limites admissibles, il y a lieu de calculer le trafic cumulé équivalent en essieux équivalents de 13 t (**TCEi**) en tenant compte de l'agressivité du poids lourd.

(TPL6 selon fascicule 2)

Trafic cumulé : $TC = T P Li * 365 * [(1 + \tau)^n - 1] / \tau =$

$$1745 * 365 * [(1 + 0.05)^{10} - 1] / 0.05$$

$$= 0.8 * 10^7 \text{ PL/j/sens.}$$

Trafic cumulé équivalent : $TCE = T C i * A$

A : coefficient d'agressivité des poids lourds par rapport à l'essieu de référence 13 t.

A=1 (RP1 et matériaux traités aux liants hydrauliques).

$$\text{TCEi} = 0.8 * 10^7 \text{ PL/j/sens}$$

Niveau de réseau principal (RPI)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

Tableaux 22 : la valeur du coefficient d'agressivité A.

- **La déformation verticale admissible du sol support est donnée par la relation :**

$$\varepsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times TCEi^{-0.235} = 525 \times 10^{-6}$$

Avec : $\varepsilon_{z,ad}$: La déformation verticale admissible du sol support ;

- **Le calcul de la contrainte admissible de traction $\sigma_{t,ad}$ à la base de la couche traitée au liant hydraulique (ciment) est donné par la relation suivante :**

$$\sigma_{t,ad} = \sigma_6 \times Kne \times Kd \times Kr \times Kc$$

σ_6 : contrainte de flexion limite à 10^6 cycles donnés par essai de fatigue **$\sigma_6 = 0.7$ MPa.**

Tableau 14 : Performances mécaniques des matériaux traités aux liants hydrauliques

Matériaux (MTLH)	E (MPa)	σ_6 (MPa)	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kd	kc
GL	20000	0,50	18,4	1,24	3	0,25	1	1,5
GC	20000	0,70	12	1	3	0,25	1	1,5
BCg	35000	2,15	16	1	3	0,25	1/1,47	1,5

GL : grave laitier, GC : grave ciment, BCg : béton de ciment gougonné

Tableau 23 : performances mécanique des matériaux traités aux liants hydrauliques

Kne : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée, avec :

$$Kne = (10^6)^{\frac{TCEi}{b}} = 0.841$$

b : Pente de la droite de fatigue ($b < 0$), (d'après tableau).

$$- _ = 12 \Rightarrow \mathbf{b = -0.083b}$$

Kr : Facteur lié au risque et aux dispersions, avec : $Kr=10^{-tb\delta}$ **b** : Pente de la droite de fatigue ($b < 0$),

b = - 0.083 ; **t** : Facteur de la loi normale, qui est fonction du risque adopté **r %**. On a : TPL6 et GC

$\Rightarrow r = 2\% \rightarrow \mathbf{t = -2.054}$ **δ** : fonction de dispersion, avec :

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} Sh\right)^2} = \sqrt{(1)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.083} \times 3\right)^2} = \mathbf{1.23}$$

Avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue égal **1**

C : coefficient égal à **0.02**

Sh : dispersion sur les épaisseurs en (cm) égal **3 cm**.

Kr=0.616

Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussée : **Kc = 1.5**

Kd=1

$$\text{Donc : } \mathbf{_{ad} = 0.7 \times 0.841 \times 1 \times 0.616 \times 1.5 = 0.544 \text{ MPa}}$$

☞ **La déformation admissible de traction $\epsilon_{t,ad}$** à la base de la couche bitumineuse est donné par la relation suivante :

$$\mathbf{\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc}$$

Avec :

$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$: Déformation limite détenue au bout de 10^{-6} cycles avec une probabilité de rupture de 50 % à 10°C et 25Hz , $\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$.

Matériau (MTB)	E(30°C, 10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10^\circ, 25\text{Hz}) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

Tableaux 24 : performances mécanique des matériaux bitumineux

Kne : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée, avec :

$$TCEi^b$$

$$Kne = (106)^{0.795}$$

b : Pente de la droite de fatigue (b < 0), (d'après tableau)

$$-\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -0.146$$

A : 0.6 (RP1 et matériaux cas GB traitée au bitume).

Kθ : Facteur lié à la température, avec :

E (10°, 10HZ) : Module complexe du matériau bitumineux à 10°, égal 12500 MPA.

E (θeq, 10HZ) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée (Zone I), égal à 7000 MPA a température 20°.

$$K\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ, 10Hz)}{E(\theta_{eq}, 10Hz)}} = 1.336$$

Kr : Facteur lié au risque et aux dispersions, avec : $Kr = 10^{-tb\delta}$ b : Pente

de la droite de fatigue (b < 0), **b = - 0.146** ; t : Facteur de la loi normale,

qui est fonction du risque adopté **r %**.

On a : TPL6 et GB => r = 5 % → **t = -1.645**

		Classe de trafic (TPL) (PI/J/sens)				
		TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

δ : fonction de dispersion, avec :

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} Sh\right)^2} = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.609$$

Avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue égal **0.45**.

C : coefficient égal à **0.02**.

Sh : dispersion sur les épaisseurs en (cm) égal **3 cm**.

Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussée :

Donc : $K_r=0.714$; $K_c = 1.3$

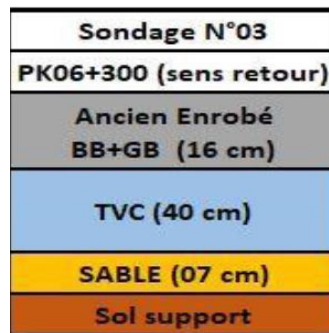
$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c \quad \varepsilon_{t,ad} = 100$$

$$\times 10^{-6} \times 0.795 \times 1.336 \times 0.714 \times 1.3$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 98.6 \times 10^{-6}$$

10. Vérification des résultats de calculs des sollicitations par ALIZE III :

Après fraisage de la chaussée d'épaisseur moyenne 06 cm, le renforcement par 5 GC + 25BB est disposé sur l'ancien corps de chaussée. Donc sur une couche (d'après les sondages) de 10 cm en BB+GB. Le sol support (S4) est de faible portance d'un CBR environ 4. Donc le module d'élasticité est $E=5.CBR=20$. Une couche de forme de 47 cm montre par la figure 67 ci – dessous.



Les figures suivantes représentent la modélisation du corps de chaussée (épaisseur, module d'élasticité et coefficient de poisson), et les résultats trouvés (déformations et contrainte) pour

La structure Renforcée

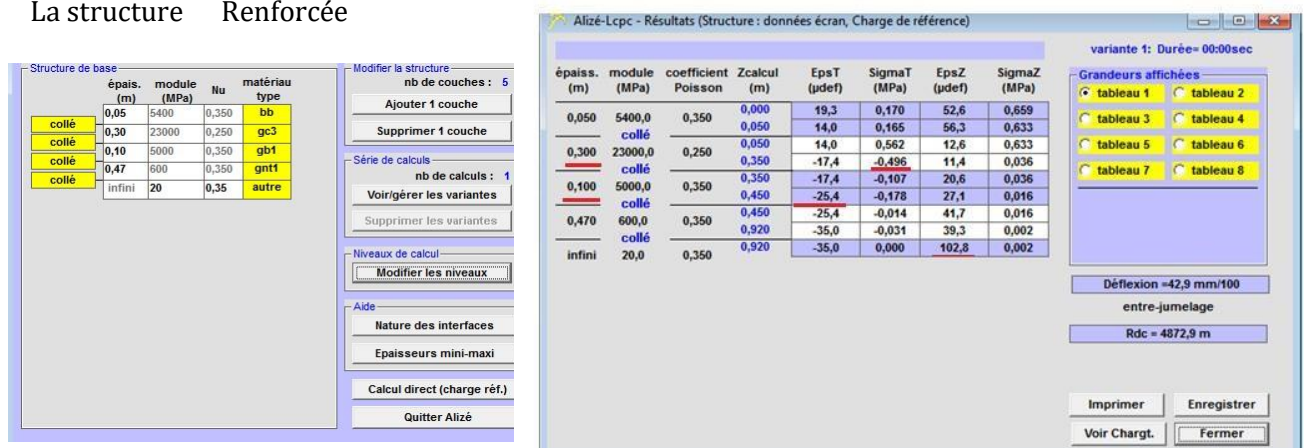


Figure 25 : ALIZE LCPC-résultats (structure : données écran, charge de référence)

	Défomations admissibles *10 ⁻⁶	Contraintes admissibles (MPa)	Défomations calculées *10 ⁻⁶	
ε_z sol support	525		102.8	Vérifiée
σ_t à la base de GC		0.544	0.496	Vérifiée
ε_t à la base de GB	98.6		25.4	Vérifiée

Tableau 26 : Vérification de la structure 5BB + 30GC +10 GB +47GNT :

D'après les résultats obtenus, on remarque que (ε_z , ε_t et σ_t) sont inférieures aux valeurs admissibles ce qui signifie que la structure proposée ne risque pas d'être tasser ou fissurer vis à-vis de la traction.

CONCLUSION :

Le renforcement des chaussées dégradées est influencé par les facteurs suivants : le trafic, la déflexion, l'uni et les dégradations. Le type de renforcement est choisi fonction du niveau d'agressivité de ces facteurs. Dans notre cas et selon les données, le renforcement est très lourd. Selon les matériaux du corps de chaussée, le guide de renforcement propose plusieurs structures. Donc selon la disponibilité des matériaux sur le marché, on adopte le renforcement par BB+GC.

Et le nouveau corps de chaussée devient : 5BB + 30GC +10 GB +47GNT. Les sollicitations dans le corps de chaussée sous le trafic calculées par Alizé ont été comparées aux valeurs limites calculées selon Fascicule 2. On trouve que cette nouvelle structure ne risque pas d'être tasser ou fissurer vis-à-vis de la traction.

CHAPITRE 9:

ASSAINISSEMENT

1. INTRODUCTION :

Drainer le corps de la chaussée, l'assise et plate-forme, est un objectif souvent mentionné, car Tout professionnel de la route sait bien que “ l'eau et la route ne font pas bon ménage ”.

En effet, l'eau de ruissellement à la surface de la chaussée occasionne une baisse importante du niveau de service offert à l'utilisateur. L'eau contenue dans le corps de la chaussée qui provient d'infiltrations d'origines diverses est un élément décisif de l'accélération des dégradations des structures de la chaussée.

La lutte contre les conséquences néfastes engendrées par l'eau, doit se faire en établissant un système de drainage efficace. Or pour être efficace, un tel projet nécessite un bon choix des dispositifs drainants, une bonne exécution, et un entretien courant.

L'eau quel que soit son origine dans la nature (pluie, eau infiltrée dans le sol, cours d'eau, canaux d'irrigation...etc.) pose à l'ingénieur routier des problèmes multiples et complexes.

Les effets de l'eau sur la route sont de deux sortes :

Ceux qui mettent en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par des enrobages des

Couches de surface....etc.).

Ceux qui influent sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

C'est pourquoi l'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données Climatique et pluviales pour la détermination des débits de crues de différentes. L'assainissement la route comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

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

Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant).

Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...).

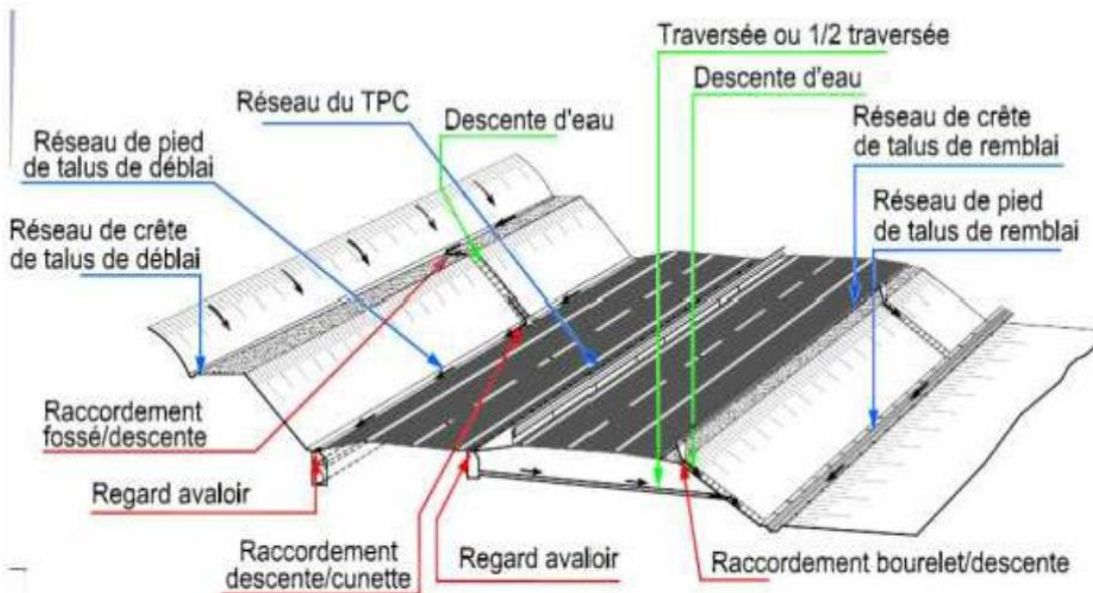


Figure 68 : Réseaux d'assainissement d'une chaussée routière

2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée.

(Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).

- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

3. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE :

Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire. Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

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

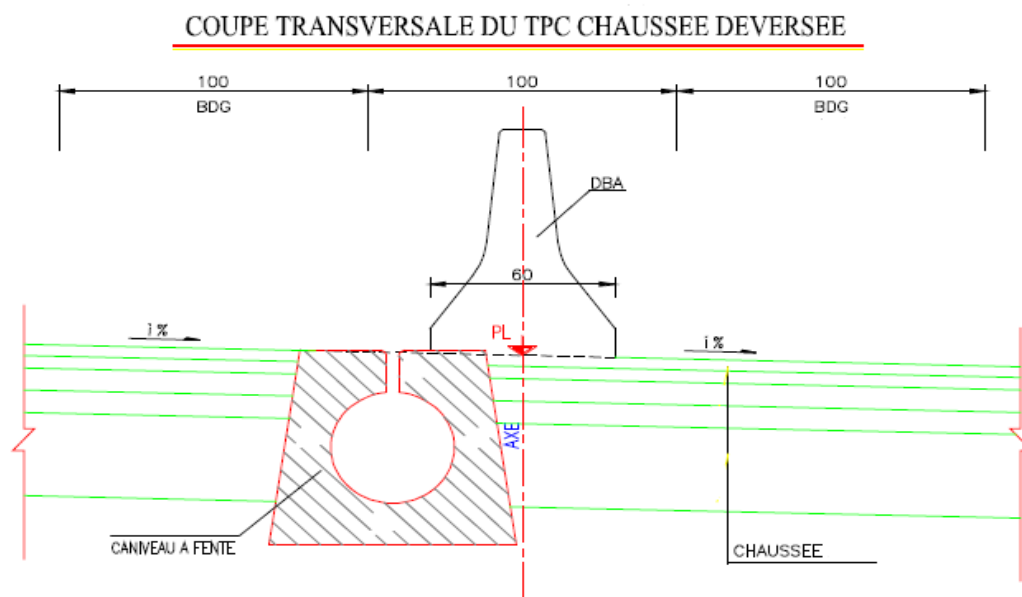


Figure69 : Assainissement des chaussées

.3.1 : Fossé de pied de talus de déblai

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

.3.2 : Fosse de crête de déblai

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

.3.3 : Fosse de pied du talus de remblai

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

.3.4 : Drain

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant de route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre.

Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

.3.5 : Descentes d'eau

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

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

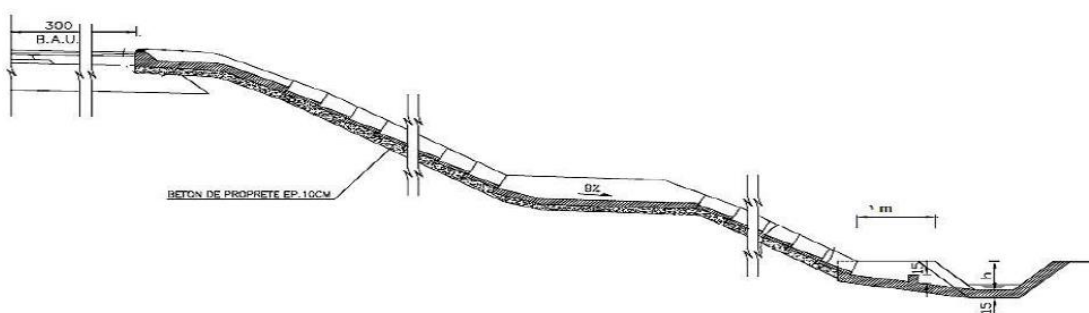


Figure70 : Descentes d'eau.

4. QUELQUES DEFINITIONS :

.4.1 : Bassin versant

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

.4.2 : Collecteur principal (canalisation)

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

.4.3 : Chambre de visite (cheminée)

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

.4.4 : Sacs :

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

5. LES OUVRAGES DES ECOULEMENTS DES EAUX :

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi lesquels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes :

- Les passages submersibles.
- Les fossés.
- Les dalots.
- Les buses.

.5.1 : submersibles :

Les passages submersibles sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important.

.5.2 : Fossés :

Ces sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement.

.5.3 : Les dalots :

Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés.

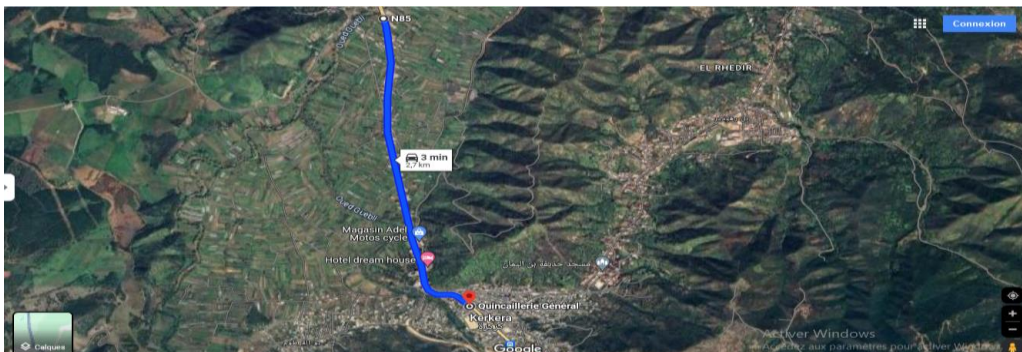


Figure 71. : Localisation de la RN85 du pk 5+000 au pk 7+700) (photo satellitaire)

CHAPITRE 10: SIGNALISATION

1. INTRODUCTION :

Plus les caractéristiques géométriques de la route s'améliorent plus la vitesse de base augmente et le risque d'accident devient inévitable, d'où s'impose à l'ingénieur routier de prévoir des signalisations impeccables, et homogènes afin de prévenir le conducteur des risques ou difficultés inopinés qu'il peut rencontrer sur son chemin. Cette signalisation doit être rapidement visible et compréhensible, suffisante, et elle doit être établie aussi sérieusement.

2. ROLE DE LA SIGNALISATION :

La signalisation routière joue un rôle important dans la sécurité routière car elle contribue à la lisibilité de la route. Un des grands principes de la signalisation routière réside dans l'homogénéité des informations transmises à l'utilisateur.

la signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

3. Règles à respecter pour la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Éviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

4. PRINCIPES DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :

La signalisation routière ne peut être efficace que si l'on respecte certains principes :

Principe de valorisation

La multiplication des signaux nuit à leur efficacité. Il ne faut pas donc en placer que s'ils sont indispensables.

Principe de concentration

Lorsqu'il est indispensable que plusieurs signaux soient vus en même temps, il faut absolument les implanter de façon que l'usage puisse les apercevoir d'un seul coup d'oeil de nuit comme de jour.

Principe de visibilité

Il ne faut pas demander au conducteur un effort de lecture. On devra donc réduire et simplifier les indications au maximum.

5. CATEGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

6. TYPES DE SIGNALISATION :

i) Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

• Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

• Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- ✓ L'interdiction.
 - ✓ L'obligation.
 - ✓ La fin de prescription.
-

- **Signaux à simple indication :**

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

Signaux d'indication.

Signaux de direction.

Signaux de localisation.

Signaux divers.

- **Signaux de position des dangers :**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

ii) Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en deux types :

- **Marquage longitudinal :**

Lignes continue : les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

Lignes discontinue : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leurs intervalles.
- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont le largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues : elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de Modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T ₁	3,00	10,00	Environ 1/3
T' ₁	1,50	5,00	
T ₂	3,00	3,5	Environ 1
T' ₂	0,50	0,50	
T ₃	3,00	1,33	Environ 3
T' ₃	20,00	6,00	

Tableau 27 : Modulation de la ligne continue

▪ **Marques sur chaussée :**

- Peinture en bande discontinue de type T1 2U, de 12 cm d'épaisseur : Elle est prévue à l'axe de chaque chaussée et sur tout le linéaire.

- Peinture en bande discontinue de type T'3 3U, de 18 cm d'épaisseur : Elle est prévue en rive sur tout le linéaire où la chaussée est bordée par un accotement.

- Peinture en bande continue 3U, de 18 cm d'épaisseur : Elle est prévue en rive du côté du TPC et du côté extérieur sur tout le linéaire où la chaussée est bordée par un trottoir

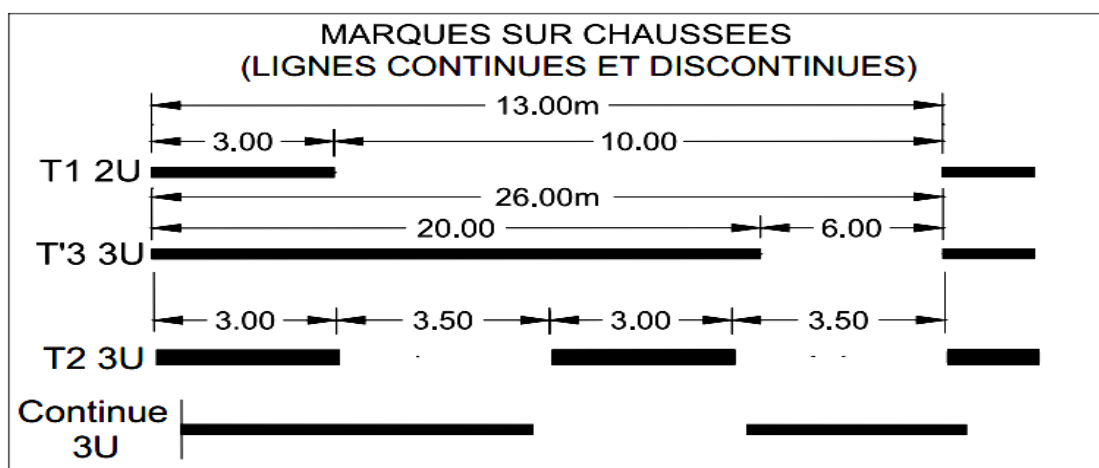


Figure 72. : Marquage de la chaussée en ligne continue et en ligne discontinue

□ **Marques transversales**

□ **Ligne Stop** : C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt, largeur de 50 cm.

□ **Ligne cédez le passage** : largeur de T'2.

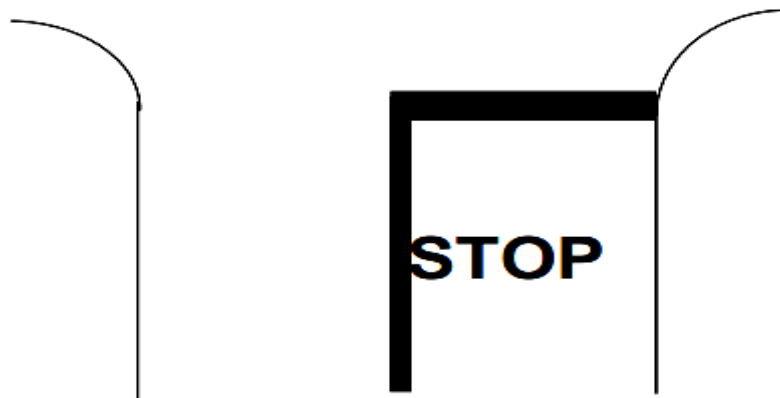


Figure73 : Stop sur chaussée.

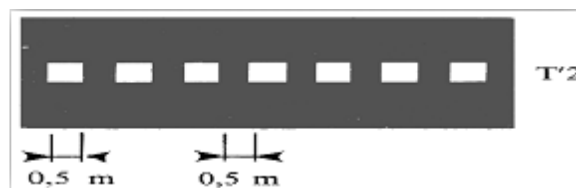


Figure 74 : Cédez le passage

□ **Les flèches**

On a deux types de flèches :

- **Les flèches de rabattement** : Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

- **Les flèches de sélection (directionnelles)** : Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

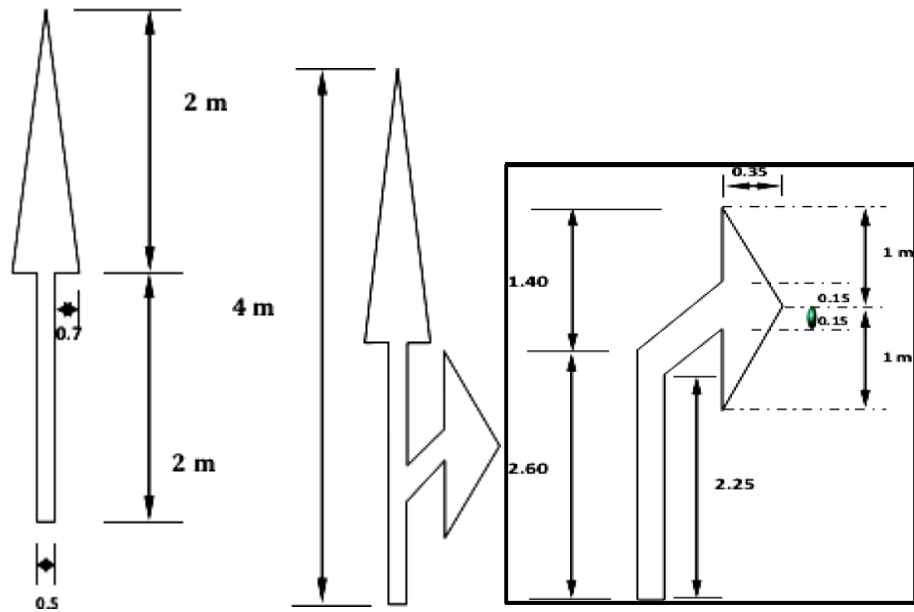


Figure 75 : Flèche de signalisation (sélection)

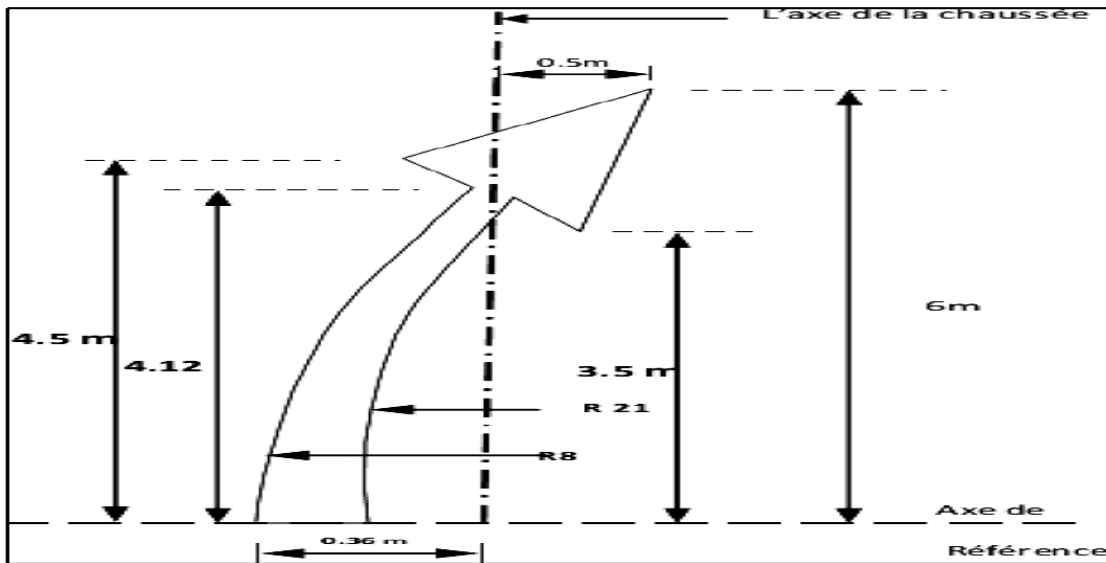


Figure 76 : Flèche de signalisation rabattement.

□ Autres marques

- Marquage d'îlots séparateurs avec hachures.
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

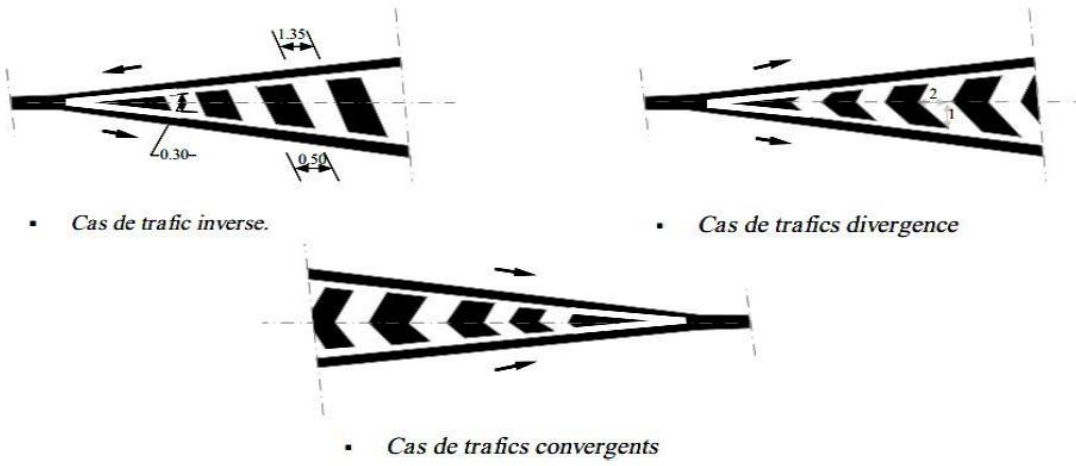


Figure 77 : Schéma de marquage avec hachures

CONCLUSION

GENERAL

Ce présent travail de fin d'étude était l'occasion pour perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes. C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine.

Dans notre projet de renforcement tout au long de ce travail, nous avons abordé trois aspects de la conception routière à savoir : Diagnostic et solution, les études géotechniques et le dimensionnement de la structure de chaussée. Plusieurs normes et guides techniques ont été utilisés pour satisfaire la conception.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes que nous ne pouvons pas négliger et nous prenons en considération, le confort et la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement et les besoins de l'ingénieur sur chantier dans les plus brefs délais.

Ce projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour nous savoir le déroulement d'un projet en général des travaux publics et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul Alizé.

Enfin, on peut dire que cette mémoire a été une opportunité pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation universitaire et nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle et toucher les grands projets et surtout voir tout cela de près.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DOCUMENTATION :

- B40 : normes techniques d'aménagements des routes 1977
- Catalogue de dimensionnement du corps des chaussées neuves C.T.T.P
- Les cours de routes (**Pr. MESSASSET SALAH**)
- Le rapport géotechnique

2. LOGICIEL :

- Alizé
- Word 2016

3. LES SITES WEB :

WWW.GOOGLE.COM / www.fr.wikipidea.com / <https://maps.google.com>

4. D' autres memoirs.