

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEM



Faculté de Technologie
Département de Génie Civil
Master en Travaux Publics
Spécialité:
Voies et ouvrages d'art

Thème :

***Pathologie et réhabilitation d'une route :
Étude de cas***

Présenté par : - MALTI NAZIM
- CHORFI MAHMOUD

Soutenu en juillet 2021 devant le jury composé de :

Président.: Monsieur CHEKROUN A.

Examineur. : Monsieur GHENNANI B.

Encadreur.1: Monsieur BENAMAR ABDERAHMANE

Encadreur.2 : Monsieur MAACHOU OMAR

Promotion : juin 2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce modeste travail que nous dédions à :

- Nos très chers parents qui nous ont fait au berceau le don le plus précieux, celui de la foi et qui nous ont soutenu et encouragé durant toute notre vie.
- Nos frères et sœurs ainsi qu'à toute notre famille
- A nos encadreurs Mr. BENAMAR ABDERRAHMANE et Mr. MAACHOU OMAR.
- A tous les enseignants du département de génie civil.
- à mes deux chers amis Amara Oussama et Mahboub azzeddine.
- A tous nos amis.

REMERCIEMENTS

Nos premiers remerciements vont à ALLAH le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volenté pour élaborer ce travail.

A nos chers parents qui croient toujours à nos capacités.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage (Mr MOHAMED, Madame TALHAOUI, Mr NGADI... cadres de la DTP).

Nous tenons à remercier nos encadreurs Monsieur BENAMAR et Mr. MAACHOU pour leur entière disponibilité, leurs conseils et leurs éclaircissements qui nous ont tant servi.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury, qui nous feront le plaisir d'apprécier notre travail.

Nous remercions tous nos enseignants durant toute notre formation, et tout le personnel administratif de l'université.

Enfin, à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.

ملخص

تحتل شبكة الطرق في جميع بلدان العالم موقعا كبيرا في مجال التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والجزائر من بين البلدان التي اعتمدت استراتيجية في هذا المجال بتخصيص ميزانية ضخمة لبناء وتوسيع شبكة الطرق على الصعيد الوطني. وواضطرابات متفاوتة الشدة وأسبابها متعددة وسنناقشها في الفصول التالية.

ومع ذلك ، فإن أعمال الطرق التي نفذت يمكن أن تتأثر بتدهورات مختلفة في التنفيذ استراتيجية تسمح بالصيانة الفعالة والمستدامة لهذه الأعمال ، وإلا فإن هذه الاضطرابات يمكن أن يكون لها عواقب ضارة على المدى الطويل والمتوسط. وهذه النقطة الأخيرة هي التي حفزتنا على اختيار دراسة حالة الطريق الوطني RN22C الذي يمثل على وجه التحديد حالة بنيان يشمل عدة أنواع من التدهور مهمتنا بعد ذلك تتكون في إجراء تشخيص عام على حالة الطريق من خلال تنفيذ الخبرة الفنية في الموقع وكذلك الاختبارات المخبرية، مشيرا أيضا إلى أن تاريخ المنطقة المعنية قد يكون مفيدا لاستكمال هذا التشخيص. ولذلك، اقترحت حولا فعالة ومبتكرة لمعالجة هذه التدهورات، وبالتالي السماح بسير الطريق على النحو السليم.

الكلمات الرئيسية: التدهور؛ الصيانة؛ الرصيف؛ الطريق؛ التدهور؛ السبب؛ الاختبار؛ التشخيص؛ الحل

Résumé

Dans tous les pays du monde le réseau routier occupe une position prépondérante dans l'échiquier du développement économique et social, et l'Algérie est parmi les pays qui ont adopté une stratégie dans ce domaine en allouant un budget colossale pour la réalisation et l'extension du réseau routier à l'échelle nationale. et désordres de gravité variables dont les causes sont multiples et que nous aborderons dans les chapitres suivants. Donc il est important de mettre Cependant, les ouvrages routiers réalisés peuvent être affectés par différentes dégradations en œuvre une stratégie permettant un entretien efficace et durable de ces ouvrages, faute de quoi ces désordres peuvent avoir des conséquences néfaste à long et moyen terme. C'est ce dernier point qui nous a motivé à choisir le cas de la RN22C représente justement un cas édifiant englobant plusieurs types de dégradations. Notre travail consiste alors à faire un diagnostic général sur l'état de la route en procédant à des expertises techniques sur place ainsi que des essais au laboratoire, notant aussi qu'un historique sur la zone en question peut être utile pour compléter ce diagnostic. Et par conséquent, proposé des solutions efficace et innovantes afin de remédier à ces dégradations et permettant ainsi le bon fonctionnement de la route.

Mots-clés : Dégradation, Entretien, chaussée, route, Détérioration, cause, essai, diagnostic, Solution.

Abstract

In all the countries of the world the road network occupies a preponderant position in the chessboard of the economic and social development, and Algeria is among the countries which adopted a strategy in this Field by allocating a colossal budget for the realization and the extension of the road network on the national scale. However, the road projects realized can be affected by various degradations and disorders of variable gravity whose causes are multiple and which we will approach in the following chapters. Therefore, it is important to set up a strategy allowing an efficient and durable maintenance of these structures, otherwise these disorders can have harmful consequences in the long and medium term. It is this last point that has motivated us to choose the case of the RN22C which represents a case of construction including several types of degradations. Our work consists then in making a general diagnosis on the state of the road by proceeding to technical expertises on the site as well as tests in the laboratory, also noting that a history on the zone in question can be useful to complete this diagnosis. And consequently, proposed effective and innovative solutions in order to remedy these degradations And allowing the good functioning of the road.

Keywords: Degradation, road, roadway, Maintenance, defect, cause, test, diagnostics, Tools, solutions.

LISTE DES FIGURES

FIGURE I.1) la RN22C (AIN HOUTE-OUJLIDA / notre expertise le 05/04/2021)

FIGURE I.2) localisation de site de projet (Google map)

FIGURE I.3) fissuration longitudinale(notre expertise le 05/04/2021)

FIGURE I.4) un affaissement (notre expertise le 05/04/2021)

FIGURE I.5) l'orniérage (notre expertise le 05/04/2021)

FIGURE I.6) appareil d'acquisition HWD (heavy weight deflectometer) / (photo d'internet).

FIGURE I.7) déflexion en fct de section de pk 23 vers pk09 de la RN22C (essais et valeurs prises par set Sétif)

FIGURE I.8) déflexion en fct de section de pk 09 vers pk23 de la RN22C (essais et valeurs prises par set Sétif)

FIGURE I.9) principe de mesure d'uni (figure faite par logiciel inkscape)

FIGURE I.10) - Type des essais au laboratoire

Figure I .11-tamiseuse vibrante-internet -

FIGURE I.12- courbe granulométrique –

FIGURE I.13 Le séchage (source :CETE)

Figure I.14 Appareil Casa grande –

FIGURE I.15 - essai équivalent de sable-

Figure I.16 Appareillage pour essai bleu de méthylène –

FIGURE I. 17- Appareillage pour essai Proctor –

FIGURE I.18 - Courbe Proctor -

FIGURE I. 19 – Les facteur qui influent sur le compactage –

FIGURE I.20 - Appareillage pour essai CBR –

FIGURE I.21 - Appareillage pour essai Los Angeles –

FIGURE I. 22 - Appareillage pour essai Micro Deval -

FIGURE I. 23 - Appareillage pour essai

Figure II.1 - Ornières (Déformations) - internet -Figure

II.2 – Fissurations – internet -

Figure II.3 - le ressuage (mouvement de Matériaux)

Figure II.4 – nid de poule (arrachement) - internet – Figure

II.5 - Schématisation d'un affaissement - internet – Figure

II.6 - Ornières – internet –

Figure II.7-fissure transversale- (Arbitusvinyl.com)

Figure II.8-fissuration longitudinale- (bv.transport.gouv.qc.ca)

Figure II.9 - faïençage – internet -

Figure II.10–l'arrachement et le nid de poule- (ibef.net)

Figure II.11-l'arrachement et remontée des matériaux- (entretien de routes)

Figure II.12 dégradation de structure (set Sétif)

Figure II.13 dégradation de surface-faïençage- (notre photo le 17/04/2021)

Figure II.14 fissure longitudinale (photo de notre expertise le 05/04/21)

Figure II.15 fissures transversales (notre photo le 17/04/2021)

Figure II.16 faïençage a maille large (degré01)/ (notre photo le 17/04/2021)

Figure II.17 faïençage a maille Serrée (degré03)/ (notre photo le 17/04/2021)

Figure II.18 faïençage a maille moyenne (degré02)/ (notre photo le 17/04/2021)

Figure II.19 déformation longitudinale -orniérage-(photo de notre expertise prise le 05/04/2021)

Figure II.20 déformation longitudinale –un affaissement-(photo de notre expertise le 05/04/2021)

Figure III.1 procédé adhésif pour réparer les routes à moindre coût

Figure III.2 American road patch société ADFORS (site figure et société : eu.adfors.com)

FigureIII.3 réparation des routes –TOROS- (ore-peinture.fr)

Figure III.4 réparation des routes –APPOLO- (ore-peinture.be)

Figure III.5 SCHEMA DEMONSTRATIVE POUR LE CERCLE DE MOHR
(Faite par logiciel inkscape)

FigureIII.6 appareil –inclinomètre – mesure profondeur de glissement
(metrix.rwbgroupe.ch)

Liste des tableaux

Tableau I.1 : résultats de comptage automatique (fait par la SET Sétif)

Tableau I.2 : croissance linéaire annuelle proposée (schéma directeur routier et autoroutier 2005-2025)

Tableau I.3 : les résultats de mesure de déflexion des sections de la RN22C (SET Sétif et labo travaux public de sud-LTPS-)

Tableau I.4 valeur de mesure d'uni en fonction de section (SET Sétif et labo travaux public de sud-LTPS-)

Tableau I.5– Classification des sols selon leur teneur en eau -

Tableau I.6- Classification du sol selon leur indice de plasticité

Tableau I.7 – Classification des sols suivant leur équivalent de sable

Tableau I.8 - Classification des sols selon leur Indice CBR -

Tableau II.1) représente l'état de la chaussée gauche de la RN22C (set Sétif et LTPS)

Tableau II.2) représente l'état de la chaussée droite de la RN22C (set Sétif et LTPS)

Tableau II.3) illustration de l'état de la chaussée en fonction de l'indice IRI

Tableau II.4) illustration de l'état de la chaussée en fonction de déflexion

Tableau II.5) La portance de la chaussée droite de la RN22C en fonction de la déflexion

Tableau II.6) La portance de la chaussée gauche de la RN22C en fonction de la déflexion

Tableau III.1 – Les coefficients d'équivalence de chaque matériau -

Tableau III.2 – Cas de fraisage de 05 Cm -

Tableau III.3 – Cas de fraisage de 20 Cm -

Tableau III.4 – Cas de fraisage de 06 Cm -

Tableau III.5 – état de la chaussée et les solutions proposées -

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	II
REMERCIEMENTS.....	III
ملخص	IV
RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VI
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX	VIII
TABLE DES MATIÈRES	IX
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE I : Recueil des données.....	5
1. INTRODUCTION	6
1.1 Historique.....	6
1.2 Localisation du site du projet	7
2. LES TYPES DE PATHOLOGIES RENCONTRÉES DANS LA ROUTE N22C.....	8
3. ÉTUDE DE TRAFIC	9
3.1 Hypothèses de croissance du trafic	9
4. LES ESSAIS GÉOTECHNIQUES	10
4.1 Le But des essais géotechnique.....	10
4.2 Réglementation en Algérie.....	10
4.3 Essais IN-SITU	11
4.3.1 L'appareil d'acquisition HWD (heavy weight deflectometer)	11
4.3.2 Mesure d'uni.....	13

4.4 Essais Géotechniques Routiers au Laboratoire	14
4.4.1 Les essais d'identification	14
4.4.1.1 Analyse granulométrique	15
4.4.1.2 Teneur en eau	16
4.4.1.2.1 But de l'essai.....	16
4.4.1.2.2 Principe de l'essai	16
4.4.1.2.3 Interprétations des Résultats	16
4.4.1.3 Limites d'Atterberg	17
4.4.1.3.1 But de l'essai.....	17
4.4.1.3.2 Principe de l'essai	17
4.4.1.3.3 Interprétations des Résultats	17
4.4.1.4 Équivalent de sable	18
4.4.1.4.1 Principe et méthode	18
4.4.1.4.2 Interprétations des Résultats.....	18
4.4.1.5 Essai au bleu de méthylène VBS.....	19
4.4.1.5.1 Principe et méthode.....	19
4.4.1.5.2 Interprétations des Résultats	19
4.4.2 Essais mécanique	20
4.4.2.1 Essai Proctor	20
4.4.2.1.1 Principe	20
4.4.2.2 Essai CBR (Californien Bearing Ratio).....	21
4.4.2.2.1 But de l'essai.....	21
4.4.2.2.2 Interprétations des Résultats.....	21
4.4.2.3 Essai Los Angeles.....	22
4.4.2.3.1 But de l'essai	22
4.4.2.3.2 Interprétations des Résultats.....	22
4.4.2.4 Essai Micro Deval.....	23
4.4.2.4.1 But de l'essai	23
4.4.2.4.2 Domaine d'application	23
4.4.2.4.3 Interprétations des Résultats	23
4.4.2.5 Essai de cisaillement.....	24
4.4.2.5.1 But de l'essai.....	24
4.4.2.5.2 Domaine d'application	24
4.4.2.5.3 Interprétations des Résultats.....	24
5. CONCLUSION	26

CHAPITRE II : Analyse et diagnostic.....	27
1. INTRODUCTION.....	28
2. LES DIFFÉRENTS TYPES DE DEGRADATIONS.....	28
2.1. Les déformations	30
2.1.1. Affaissement.....	30
2.1.1.1 Causes probables	30
2.1.2. L'orniérage	30
2.1.2.1. Causes probables	31
2.2. Les fissurations.....	31
2.2.1. Les fissures transversales	31
2.2.1.1. Causes probables.....	31
2.2.2. Les fissures longitudinales.....	32
2.2.2.1. Causes probables	33
2.2.3. Le faiénçage	33
2.2.3.1. Causes probables	34
2.3. Les arrachements	34
2.3.1. Désenrobage	34
2.3.1.1. Causes probables	35
2.3.2. Nid de poule.....	35
2.3.2.1. Causes probables	35
2.4. Les remontées de matériaux	36
2.4.1. Le ressuage	36
2.4.1.1. Causes probables.....	36
3. RELEVÉ DES DEGRADATIONS	37
3.1 Identification des dégradations	37
3.1.1 Les fissurations observées	38
3.1.2 Les déformations observées	41
4. Appréciation de la qualité résiduelle de la chaussée d'après les dégradations	
Observées.....	42
4.1 Mesure d'uni.....	42
4.2 Mesures de déflexion.....	42
5. NOTRE DIAGNOSTIC	43
6. CONCLUSION	45
CHAPITRE III : L'entretien	46
1. INTRODUCTION.....	47

2. PROPOSITION DES SOLUTIONS DE RENFORCEMENT	47
2.1 Méthode SETRA	47
2.1.1 Structure de renforcement	48
3. NOS SOLUTIONS PROPOSÉES	51
3.1 American road patch.....	51
3.2 Thermo plastic resin (Résine thermoplastique)	52
3.3 Toros	52
3.4 L'appolo	53
3.5 Traitement de glissement profond au niveau d'ain-houte de la RN22C	54
4. CONCLUSION.....	57
CONCLUSION GÉNÉRALE	58
BIBLIOGRAPHIE	59

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De l'époque romaine à nos jours l'homme a toujours voulu construire des routes pour le développement de son économie, de sa culture ou encore à des fins militaires.

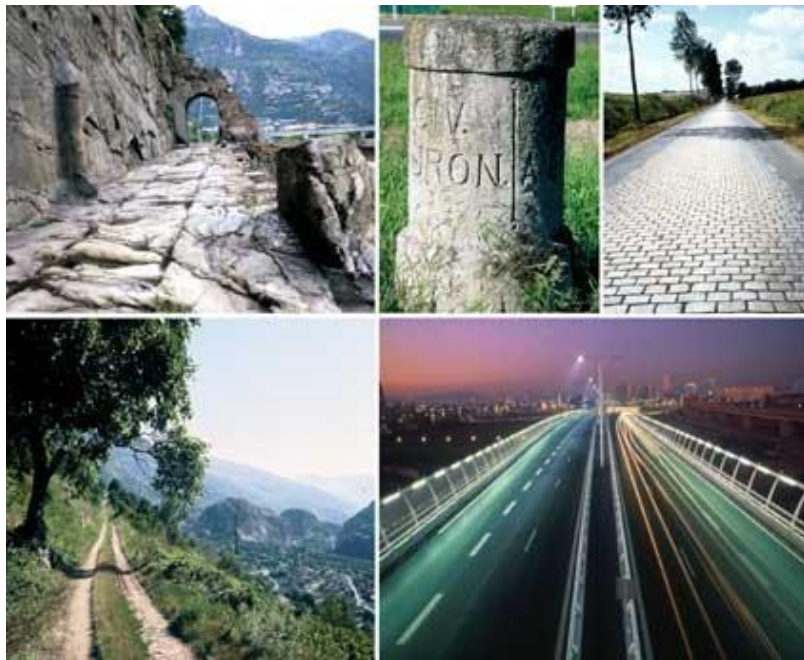


Figure 1 - Histoire des routes - Internet -

Les premières voies de communication terrestres étaient de simples sentiers. Ils se formaient naturellement et ne demandaient aucun entretien particulier. Cependant, Se déplacer était compliqué, il fallait se frayer des chemins. De ce fait, les transports étaient principalement fluviaux et maritimes. Les autres convoient de marchandises étaient transportés par des animaux ou des hommes sur des chemins composés exclusivement de terre.

Les plus anciennes routes construites découvertes à ce jour se trouvent dans

L'ancienne Mésopotamie, aujourd'hui connue sous le nom d'Irak.



Figure 2 – Les fichiers marchands de Mésopotamien - Archaeology Magazine

Les Romains étaient les plus grands constructeurs systématiques de routes du monde antique, qui étaient très conscients des avantages militaires, économiques et administratifs d'un bon système routier. Les Romains se sont principalement inspirés des Étrusques, notamment pour la technologie du ciment et le pavage des rues, mais ils ont probablement aussi acquis des compétences auprès des Grecs (maçonnerie), des Crétois, des Carthaginois (structure des chaussées), des Phéniciens et des Égyptiens (arpentage). Le béton fabriqué à partir du ciment était un développement majeur qui a permis l'avancement de Rome dans le domaine de construction.

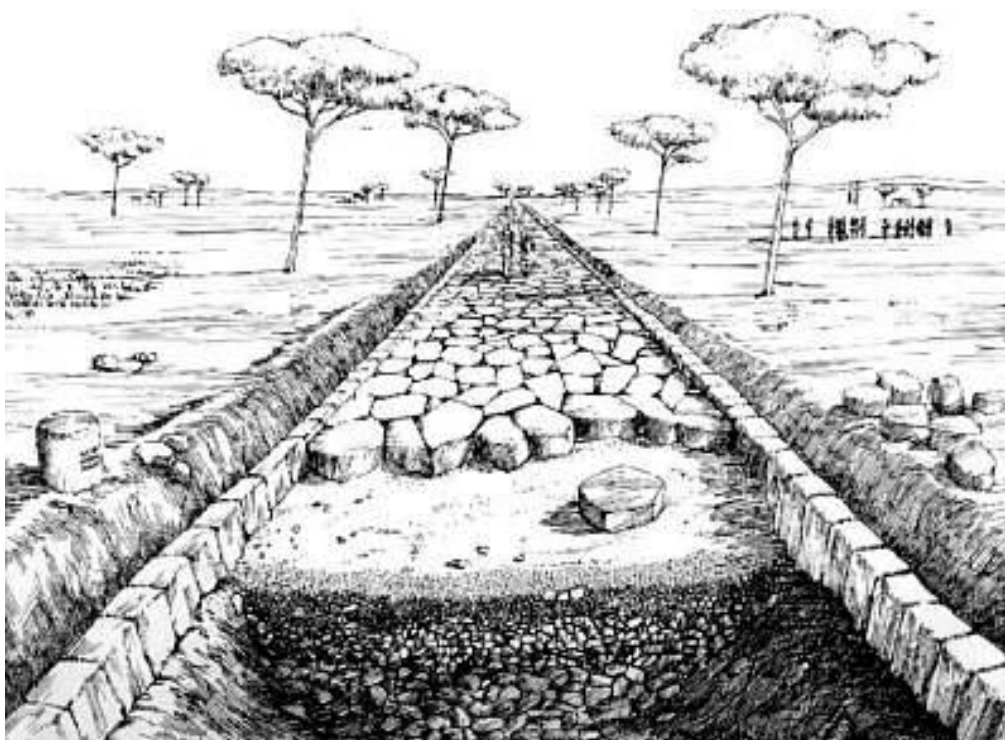


Figure 3 - Les voies romaines au départ de Toulouse -



Figure 4 - Les voies romaines Rome-Roma -



Figure 5 - Voie romaine à Timgad -

En Algérie, le réseau routier national assure à lui seul près de 90 % du volume des échanges, dont le plus important est enregistré sur le réseau économique de base (routes nationales, chemins de wilayat et autoroutes).

Son rôle est appelé à se renforcer à court et moyen termes, en raison d'une part, de la nouvelle dynamique enregistrée dans l'activité économique nationale et, d'autre part, de la position géostratégique du pays. Ce qui lui permettra de prendre place sur la scène internationale dans le cadre des échanges entre l'Europe, le Maghreb et l'Afrique.

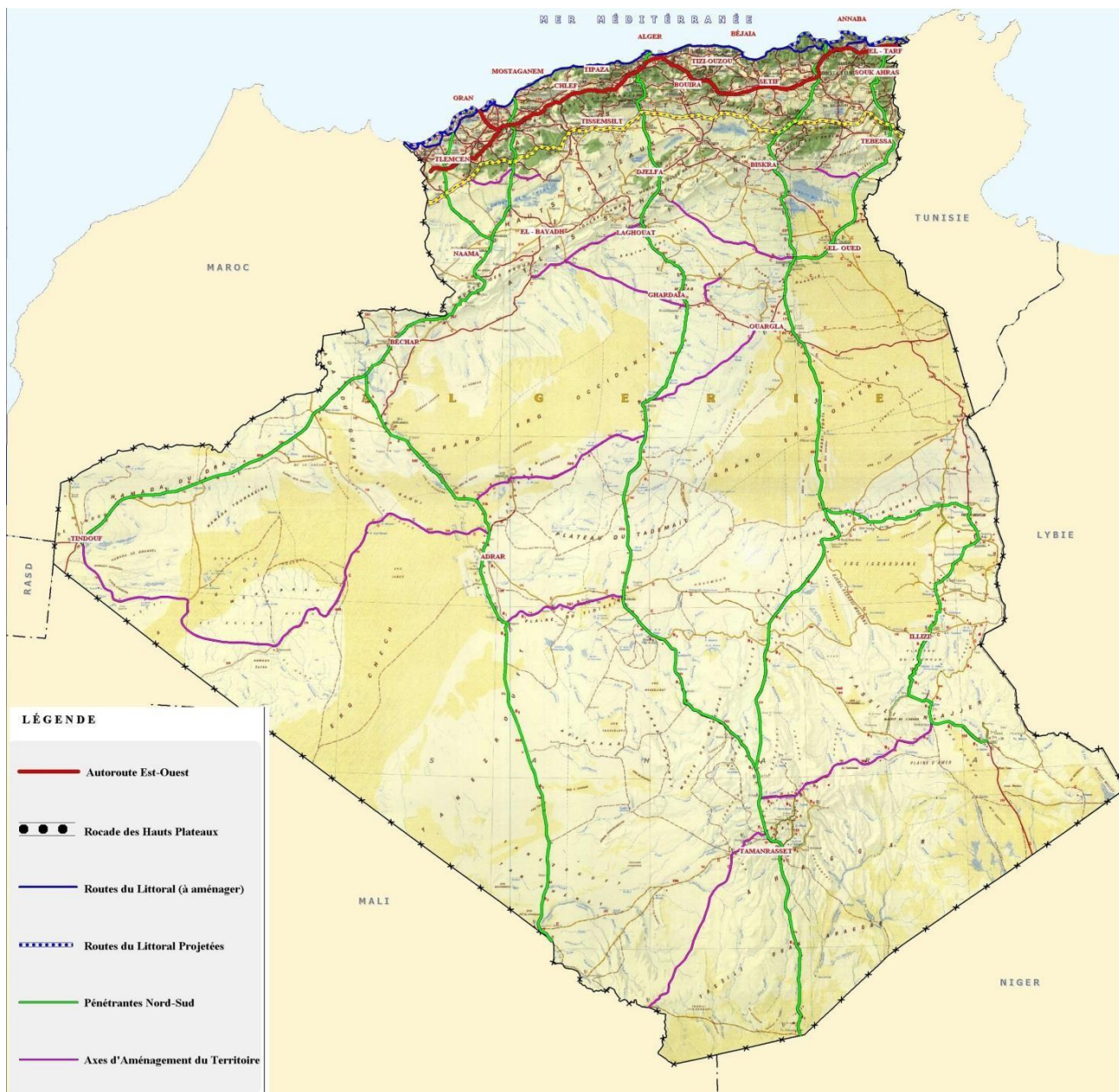


Figure 6 - Carte routière Algérie, La carte routière de l'Algérie -

En effet, sous l'effet des charges et du climat, les chaussées se dégradent et il faut les entretenir pour assurer un niveau de service adéquat. Il est primordial d'avoir un Patrimoine routier en bon état, vu ses impacts socio-économiques dans différents secteurs.

Cependant pour que les routes soient en bon état et praticables, elles ont besoin d'un entretien routier. Cet entretien doit être planifié, régulier, contrôlé et bien géré pour être efficace. Cette régularité est indispensable afin de réparer à temps les dégradations dès leur apparition. Il faut souligner que l'entretien du réseau routier, lorsqu'il est fait à temps, permet d'éviter de lourdes dépenses de réhabilitation et de

reconstruction dans le futur. Mais dans la réalité, les routes sont menacées par l'insuffisance de l'entretien routier et en général aussi par les surcharges des poids lourds augmentant ainsi les coûts d'exploitation des véhicules (C.E.V.) et réduisant la rentabilité du parc routier. De par ces obstacles, nous notons des efforts pour améliorer l'entretien routier afin de toucher les avantages qu'offre Le patrimoine routier et palier aux inconvénients que l'on rencontre ainsi dans le domaine. C'est dans ce sens que nous allons procéder à une étude des dégradations sur une route revêtue existante afin de sortir ou proposer un type d'entretien curatif dans le but de maintenir la route pérenne en bon état pendant sa durée de vie. Dans cet ordre d'idées, nous avons choisi notre thème qui s'intitule : « étude de dégradations et pathologie des routes » : cas de la route nationale RN22C (de pk13+000/ain-houte au pk17+000/ oujlida).



figure 7 – Route RN22C TLEMCEN -

CHAPITRE I: Recueil des données

1.INTRODUCTION :

1.1. HISTORIQUE:

D'après les données collectées auprès des structures de la direction de la DTP, la route nationale (RN22C) objet de notre étude, a été réalisée durant la période de l'année 1986 à l'année 1992 par un bureau d'étude Italien. Et depuis, cette ouvrage a subi un renforcement de corps de chaussée de 8 KM afin d'élargir la route pour absorber le trafic intense de ce tronçon.

Il est à noter que cette zone, selon les dires des responsables des archives de la DTP, a été touchée par un glissement de terrain avant même la réalisation de l'ouvrage. Donc la zone présentait une vulnérabilité avérée qu'il faut en tenir compte lors de toutes études futures.

Le bureau d'étude géotechnique d'Oran (SETOR) à intervenu pour ce problème de glissement en diminuant l'épaisseur des remblais d'une part, et en proposant à des Renforcements par des murs profonds de soutènement en béton adhérent.

Depuis ces travaux, des interventions répétées ont été opérés d'une manière superficielle, c'est la raison pour laquelle des dégradations récurrentes ont été enregistrées à plusieurs reprises, comme les tassements, les fissurations, arrachements... .

Afin de remédier ce problème définitivement, une entreprise de travaux publics à savoir la SET SETIF, a pris le marché de réhabilitation de cette route pour intervenir sur ces différents types de dégradations.



FIGURE I.1 LA RN22C (AIN HOUTE- OIJLIDA)

1.2 Localisation du site du projet:



Figure I.2 Localisation géographique du site du projet

2. Les types de pathologies rencontrées dans la route N22C :

Au cours des années de service de cette route, et à cause des charges de trafic et les conditions climatiques, le corps de chaussée a subi des dégradations considérables de différents types. Nous les citerons en synthèse ci-dessous :

- Fissurations longitudinale et transversales.
- Nids de poule
- Affaissement
- Faiençage
- Les arrachements
- Ornières



FIGURE I.3 Fissuration longitudinale



FIGURE I.4 Un affaissement

3. Étude de trafic:

Les études de trafic constituent un élément fondamental qui intervient en amont de toute réflexion relative à l'aménagement des infrastructures de transport. Elle constitue une approche essentielle, tant de la conception que de l'entretien et l'exploitation des réseaux routiers.

Les prévisions de trafic sont nécessaires:

- ✓ Pour définir les caractéristiques géométriques et structures de chaussées de différents tronçons de route qui doivent être adaptés au volume et à la nature de la circulation attendues et déterminer aussi le coût d'investissement.
- ✓ Pour estimer les coûts d'entretien de réseau routier et les coûts d'exploitation des véhicules, et en particulier, effectuer les calculs économiques.

3.1. Hypothèses de croissance du trafic:

Les résultats de comptage automatique effectués sur la section considérée de la RN22C sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Les pk de la RN22C	Volume journalier moyen (v/j)	Poids lourd(PI)
Pk11+200	22116	13.90%
Pk14+800	39294	8.40%
Pk16+500	29614	8.59%
Pk21+500	20582	13.32%

TABLEAU I.1 résultats de comptage automatique (fait par la SET Sétif)

NB: on remarque que la valeur de volume journalier moyen (v/j) la plus grande est enregistrée au pk14+800 c'est au niveau du tronçon Ain houte-oujlida dont on a effectué une expertise sur terrain et on a constaté qu'il s'agit de considérables dégradations dans les deux sens des voies par rapport aux autres tronçons

TABLEAU I.2 croissance linéaire annuelle proposée (schéma directeur routier et autoroutier 2005-2025)

Année horizon	Taux de croissance moyen annuelle		
	Véhicule léger (VI)	Poid lourd (PI)	VI+pl
2015	3.5 %	3.0%	3.3%
2020	3.6 %	2.8%	3.4%
2025	3.8 %	2.8%	3.5%

4. Les essais géotechniques:

La géotechnique routière est définie comme étant une science qui étudie d'une part, les sols sur lesquels reposent les chaussées, et d'autre part, les matériaux qui constituent les différentes couches de ces chaussées sans autant oublier la fiabilité des ouvrages construits.

Elle représente 95% de la réussite d'un projet de génie civil.

4.1. Le But des essais géotechnique :

Les études géotechniques ont pour principal objet les études de sol pour la construction d'ouvrages (pavillons, immeubles, voiries, ouvrages d'art...), et notamment la définition des fondations, mais aussi dans le cadre de diagnostics pour des ouvrages sinistrés. Elles traitent également des phénomènes de mouvement de sol (glissement, affaissement et autres), de déformation (tassements sous charges) et résistance mécanique.

A partir d'essais de laboratoires et in situ de plus en plus perfectionnés, la Mécanique des Sols fournissent aux constructeurs les données nécessaires pour étudier les ouvrages de génie civil et de bâtiment et assurer leur stabilité en fonction des sols sur lesquels ils doivent être fondés, ou avec lesquels ils seront construits.

4.2. Réglementation en Algérie :

En Algérie, la bonne exécution des projets routiers nécessite une étude géotechnique approfondie et adéquate à la réglementation en vigueur. Pour cela, les maîtres d'œuvre se réfèrent à diverses normes dont le choix est parfois imposé par le maître d'ouvrage. La quasi-totalité de ces normes étant internationales (ISO), Françaises (NF) ou Anglo-Saxonnes (EN). Il y a environ 108 normes adoptées dans le domaine des travaux publics dont près de la moitié concerne la géotechnique routière.

Les certifications ISO 9000/9001/9004 de la gestion de qualité, la norme NF P 94-500 relative aux marchés et l'accréditation ISO/CEI 17025 relative à la compétence des laboratoires d'essais sont requises pour l'obtention de rapports qualité/prix très satisfaisants.

L'utilisation des nomenclatures GTR – SETRA et du LCPC aidera à déterminer les caractéristiques des matériaux et de définir leurs conditions de mise en œuvre.

4.3. Essais IN-SITU :

4.3.1) L'appareil d'acquisition HWD (heavy weight deflectometer) :

Le HWD est un appareil d'essai non destructif conçu pour reproduire, à l'aide d'un impact sur un disque en contact avec le revêtement, la charge correspondant d'une roue d'un avion ou d'un véhicule sur une chaussée. Il mesure le bassin des déflexions provoqué par une masse tombante appliquée sur une plaque (de diamètre=30cm). Il se compose d'une remorque tractée transportant les éléments de mise en charge, embarquée dans le véhicule tracteur après la mise en station de la

Remorque au droit du point de mesure, la masse est libérée d'une hauteur pouvant varier de 2 à 40cm provoquant une force variable de 30kN à 260kN.

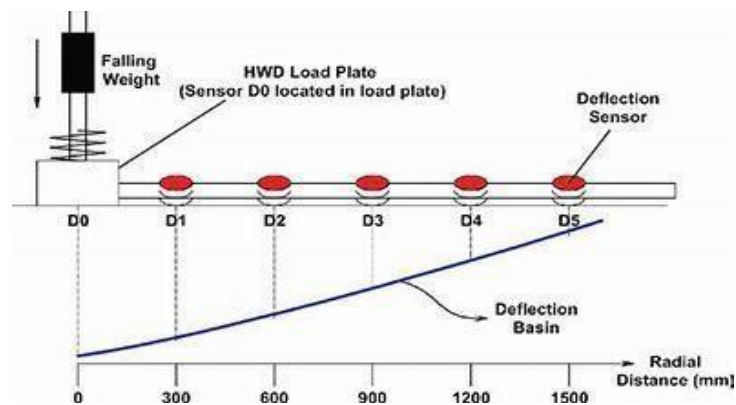


FIGURE I.5 appareil d'acquisition HWD (heavy weight deflectometer).[2]

Le tableau suivant résume tous les résultats de mesure HWD obtenues pour chaque section de RN22C :

Sens 1 : de chetouane vers oujlida

Sens 2 : de oujlida vers chetouane

Section (mm)		0	200	300	450	600	900	1200	1500	1800
Pk 17 vers pk 13 (sens 2)	Déflexion (μm)	203	166	152	128	112	82	59	48	33
	M.surface (mpa)	1045	469	338	263	224	203	216	215	264
Pk 13 vers pk17 (sens 1)	Déflexion (μm)	195	165	151	128	111	79	53	42	38
	M. surface (mpa)	948	422	307	243	211	200	229	235	227

TABLEAU I.3 les résultats de mesure de déflexion des sections de la RN22C (SET Sétif et labo travaux public de sud-LTPS-

A partir de tableau précédent on peut dire ce qui suit :

- ✓ L'allure des courbes de déflexion montrent l'hétérogénéité du sol support (présence de remblais, nature rocheuse de sol support.
- ✓ Plusieurs stations enregistrées par les géophones lointain présentent des valeurs de déflexions très faibles qui peuvent être justifiées par la nature rocheuses de sol support.

4.3.2 Mesure d'uni:

Ces mesures sont souvent manuel, qui se fait en in-situ. Leurs importance est d'avoir des informations sur la planimétrie des route (si c'est plat ou inclinées..).

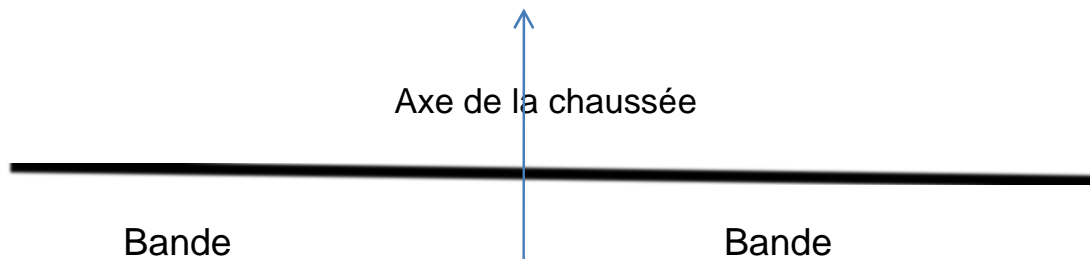


FIGURE I.8 principe de mesure d'uni. [3]

Les résultats de contrôles d'uni de la RN22C sont récapitulés dans le tableau suivant :

SECTION	PROFIL	IRI (m/km)	
		PK17 VERS PK13	LEFT
	RIGHT	2.90	
PK13 VERS PK17	LEFT	3.08	3.17
	RIGHT	3.25	

TABLEAU I.4 valeurs de mesure d'uni en fonction de section (SET Sétif et labo travaux public de sud-LTPS-). [4]

NB : IRI : indice de rugosité international.

4.4 Essais Géotechniques Routiers au Laboratoire :

Certains essais géotechniques nécessitent un appareillage spécifique et/ou des conditions de travail qui ne peuvent être satisfaites in situ tels que la température ou la durée de l'essai. Sans parler de la disposition du matériel requis et qui, dans un laboratoire, est mieux manié et reste préservé des agressions du climat ou d'un quelconque risque de dégradation possible sur chantier.

La reconnaissance des caractéristiques géotechniques d'un sol passe par un certain nombre d'essais au laboratoire. Ces essais ont pour but d'identifier, pour un sol, les 3 paramètres essentiels : nature, comportement mécanique et état hydrique.

Nous pouvons distinguer quatre types d'essais géotechniques routiers établis au laboratoire :

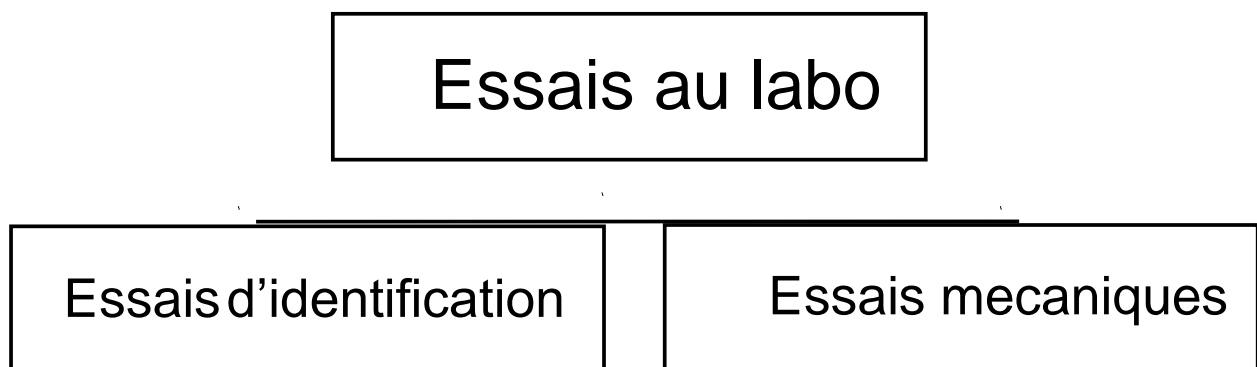


FIGURE I.9 - Type des essais au laboratoire -

4.4.1 Les essais d'identification :

Les essais de laboratoire qui ont pour but de déterminer les paramètres de nature d'un sol (la granularité et l'argilosité) sont :

- 1) Analyse granulométrique ;
- 2) Teneur en eau ;
- 3) Limites d'Atterberg ;
- 4) Équivalent de sable ;
- 5) Essai au bleu de méthylène VBS.

L'objectif de ces essais est de :

- * Classer les sols en fonction de leur granularité, plasticité, l'argilosité, état hydrique, etc.
- * Calculer les indices des vides, le degré de saturation, la porosité, etc.

4.4.1.1 Analyse granulométrique :

Selon la norme NFP 94-056 l'analyse granulométrique a pour objet la classification des granulats d'après les dimensions de leurs grains à l'aide d'une série de tamis dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. En ce qui concerne les éléments inférieurs à 0.08mm, on procède à l'analyse par sédimentologie.



Figure I .10-tamiseuse vibrante-
- internet -

La forme de la courbe granulométrique obtenue apporte les renseignements suivants:

- Les dimensions d et D du granulat,
- La plus ou moins grande proportion d'éléments fins,
- La continuité ou la discontinuité de la granularité.

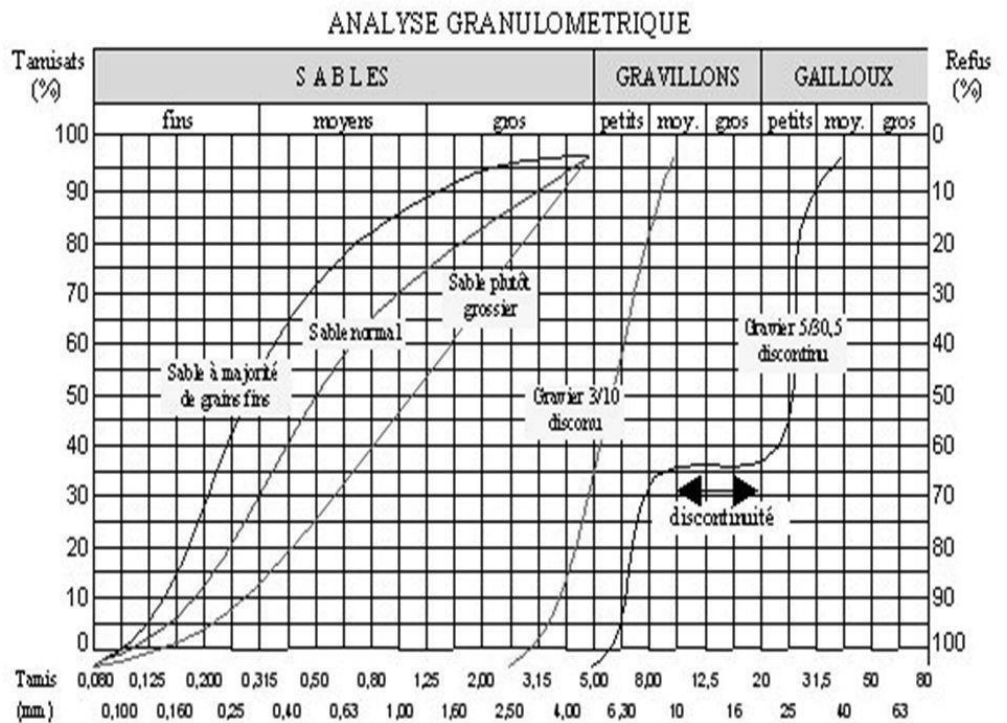


FIGURE I.11 - courbe granulométrique -

4.4.1.2 Teneur en eau :

Il existe en pratique plusieurs modes opératoires pour la détermination de la teneur en eau, nous citerons à titre d'exemple :

- * Le flambage à l'alcool à brûler.
- * L'emploi du Carbure de Calcium.
- * Le séchage à l'étuve

Nous avons choisi de parler de la dernière méthode.



FIGURE I.12 Le séchage (source :CETE). [5]

4.4.1.2.1 But de l'essai :

- * Déterminer la quantité d'eau contenue dans un sol,
- * identifier le type de sol et d'apprécier l'état dans lequel se trouve le sol.

4.4.1.2.2 Principe de l'essai :

L'échantillon de matériau humide est pesé, puis placé dans une étuve à 105°C. Jusqu'à l'obtention d'une masse constante (masse du matériau sec).

4.4.1.2.3 Interprétations des Résultats :

Elle exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec :

$$W (\%) = W_w / W_s$$

NB :

W_w (poids de l'eau)

W_s (poids du sol sec)

W : Teneur en eau

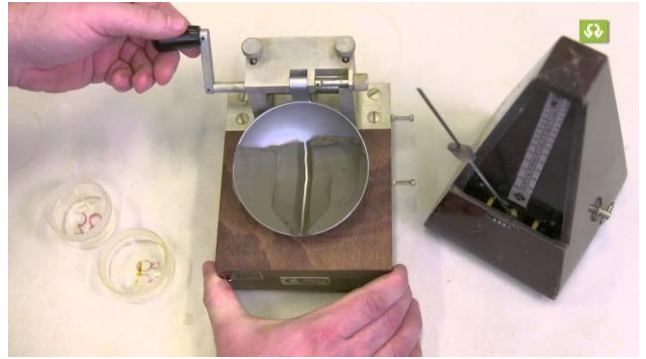
Sols	Teneur en eau
Sable	2 à 10
Limon	10 à 30
Argile moyenne à raide	20 à 30
Argile mole	50 à 100
Vase et tourbes	80 à 300

TABLEAU I.5– Classification des sols selon leur teneur en eau -

4.4.1.3 Limites d'Atterberg :

Selon sa teneur en eau, un sol sensible à l'eau peut se présenter sous trois états :

- État solide.
- État plastique.
- État liquide.



4.4.1.3.1 But de l'essai :

Figure I.13 Appareil Casa grande -

Caractériser l'argilosité d'un sol, et donc déterminer les teneurs en Eau remarquables situées à la frontière entre ces différents états sont Les « Limites d'Atterberg » :

- Limite de Liquidité : WL (frontière entre état plastique et liquide).
- Limite de Plasticité : WP (frontière entre état solide et plastique).

4.4.1.3.2 Principe de l'essai :

L'essai s'effectue sur la fraction 0/400µm en deux phases:

- Détermination de la teneur en eau WL pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se ferme, suite à des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (Cette limite de liquidité correspond à une résistance à un cisaillement conventionnel).
- Détermination de la teneur en eau WP pour laquelle un rouleau de sol se fissure (cette limite de plasticité correspond à une résistance à la traction conventionnelle).

4.4.1.3.3 Interprétations des Résultats :

$$(WL) = w (N/25) **0,121$$

WL : Limite de liquidité.

W : teneur en eau au moment de l'essai donnant N coups. N : Nombre de coups.

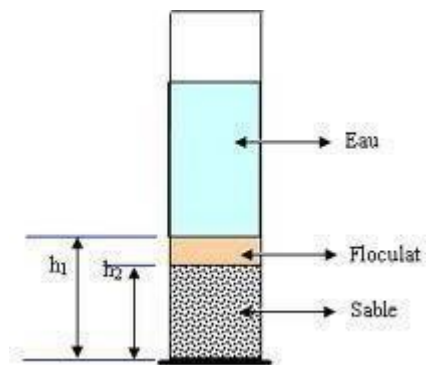
$$L'indice de plasticité (IP) = Wl - WP$$

Indice de plasticité	Type de sol
IP < 1	Sol pulvérulent
1 < IP ≤ 7	Sable argileux
7 < IP < 17	Argile sableuse

TABLEAU I.6- Classification des sols selon leur indice de plasticité -

4.4.1.4 Équivalent de sable :

Lorsque les sols contiennent très peu de particules fines, les limites D'ATTERBERG ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé « équivalent de sable ».



4.4.1.4.1 Principe et méthode :

FIGURE I.14 - essai équivalent de sable

L'équivalent de sable est un essai qui consiste à mesurer la proportion d'éléments argileux dans le sable. En présence d'une solution de glycérine, formaldéhyde et de chlorure de Calcium, l'argile flocule, et après un temps de mise au repos donnée, on mesure la hauteur de la partie Sableuse sédimentée et la hauteur du floculât. La préparation de l'échantillon et l'exécution de l'essai se fait selon le mode opératoire NFP 18-598.

Il est surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sable et graviers des particules fines comme les limons et argiles.

4.4.1.4.2 Interprétations des résultats :

L'équivalent de sable (ES) est calculé selon la formule :

$$ES = (H (\text{sable}) / H (\text{sable} + \text{floculât})) * 100$$

Nature	ES
Sable pur et propre	100

Sol non plastique	40
Sol plastique	20
Argile pur	0

TABLEAU I.7 – Classification des sols suivant leur équivalent de sable -

4.4.1.5 Essai au bleu de méthylène VBS :

L'essai au bleu de méthylène, également appelé « essai au bleu », en utilisant cette essai en géotechnique pour déterminer l'argilosité d'un sol.

4.4.1.5.1 Principe et méthode :

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (VBS) constitue un paramètre d'identification qui mesure globalement la quantité et l'activité de la fraction argileuse contenue dans le sol. L'essai se fait en ajoutant progressivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Le résultat est positif lorsqu'une auréole bleu claire persistante se produit à la périphérie de la tache déposée sur un papier filtre. La préparation de l'échantillon et l'exécution de l'essai se fait selon le mode opératoire NF P 94-068.



Figure I.15 Appareillage pour essai bleu de méthylène -

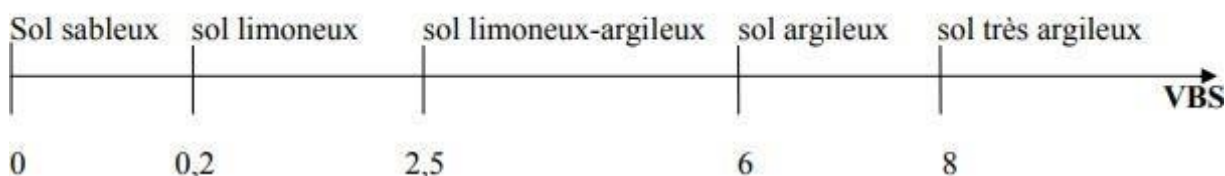
4.4.1.5.2 Interprétations des résultats :

$$\text{VBS} = \frac{B \cdot C \cdot 100}{M_s}$$

B : masse de bleu introduite.

C : proportion du 0/5 mm (soumis à l'essai) dans la fraction 0/50 mm du matériau sec. M_s : masse sèche de la prise d'essai.

Classification :



FIGURE_I. 16 – Classification des sols selon leur VBS -

4.4.2 Essais mécanique:

4.4.2.1 Essai PROCTOR:

4.4.2.1.1 Principe:

Le but de l'essai est de déterminer la masse volumique optimale sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante. L'essai s'applique sur la fraction inférieure à 20 mm et consiste à humidifier un matériau à au moins cinq teneurs en eau et à le compacter dans un moule selon un procédé et une énergie définis. Les valeurs de densités sèches obtenues et des teneurs en eau de mouillage du matériau permettent de tracer la courbe Proctor modifié du matériau. Il en ressort de cette courbe les valeurs de masse volumique apparente sèche et de la teneur en eau à l'optimum Proctor.

La préparation de l'échantillon et l'exécution de l'essai se fait selon le mode opératoire NF P 94-093.

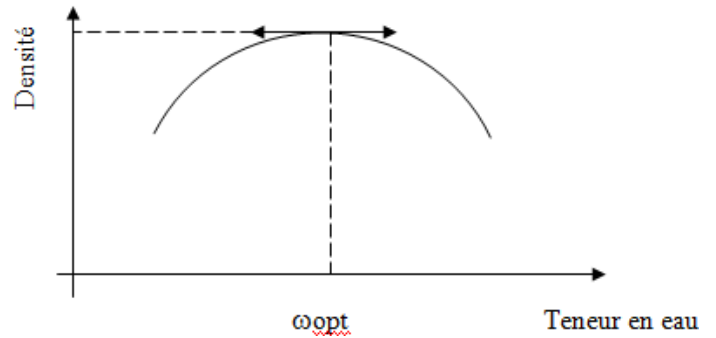
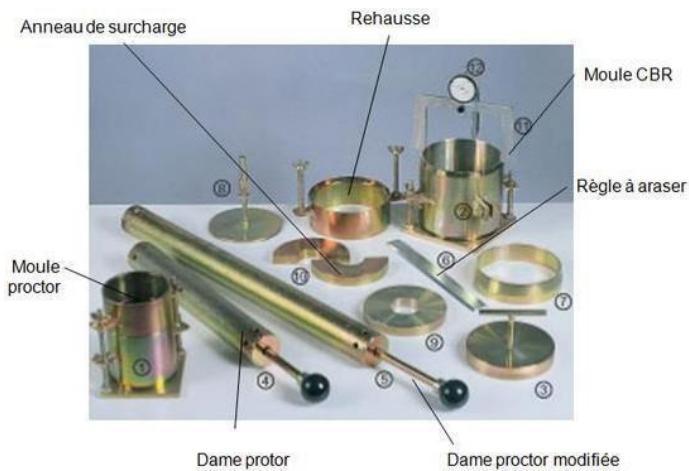


FIGURE 17- Appareillage pour essai Proctor - FIGURE 18- Courbe - Proctor-



FIGURE I. 17- les facteurs qui influent sur le compactage -

4.4.2.2 Essai CBR (California Bearing Ratio) :

Le coefficient le plus généralement utilisé pour donner une épaisseur à un corps de chaussée est l'indice CBR. Cet indice empirique se détermine par un essai au Laboratoire réalisé selon la norme AFNOR NF P 94-078.

L'essai CBR est un essai qui caractérise la portance d'un sol du point de vue routier. Il s'agit d'un essai totalement empirique et qui n'est pas relié aux caractéristiques intrinsèques (ϕ , c).

4.4.2.2.1 But de l'essai :

L'essai permet de déterminer la capacité de portance d'un sol compacté, en estimant sa résistance au poinçonnement, en fonction de son état, sa densité et son humidité, ainsi que les charges appliquées. Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol sous conditions d'humidité et de densité contrôlées et du

Niveau de compactage variable, en permettant d'obtenir un pourcentage du rapport de portance. Cet essai CBR est utilisé pour le dimensionnement des structures des chaussées et l'orientation des travaux de terrassements.

Cet essai permet donc:

- D'établir une classification des sols (GTR)
- D'évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI)
- De déterminer l'épaisseur des chaussées (CBR augmente \Rightarrow épaisseur diminue)

4.4.2.2 Interprétation des résultats :

	CBR
Sol mous à très mous	2 <
Argiles	2-10
Limons et argiles raides	8-40
Sables	8-30
Graves	15-80
Concassée	80-100

Tableau I.8 - Classification des sols selon leur Indice CBR -



FIGURE I.20 - Appareillage pour essai CBR -

4.4.2.3 Essai Los Angeles:

C'est un essai très fiable et de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau. Il s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle.

4.4.2.3.1 But de l'essai:

L'essai Los Angeles permet de mesurer les résistances combinées aux chocs et à la détérioration progressive par frottement réciproques des éléments d'un granulat. Ce mode opératoire s'applique aux granulats utilisés pour la constitution des chaussées et bétons hydrauliques.

4.4.2.3.2 Interprétation des résultats :

On définit le coefficient Los Angeles LA qui est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant aux tamis de 1,6 et la masse initiale sèche.

$$\text{LA} = 100 \times (M - M_1) / M$$
$$\text{LA} = 100 \times (M - M_1) / M$$

LA : résistance à la fragmentation
LA : résistance à la fragmentation



FIGURE I.21 - Appareillage pour essai Los Angeles -

4.4.2.4 Essai Micro Deval :

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide). On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée. Cet essai est intéressant pour le choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

4.4.2.4.1 But de l'essai :

Déterminer la résistance à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un granulat.

4.4.2.4.2 Domaine d'application:

L'essai s'applique aux granulats utilisés dans les travaux publics.

4.4.2.4.3 Interprétation des résultats:

Le coefficient Micro Deval est par définition égal au rapport :

$$m = M - m'$$

$$CMD = 100 \times m / M$$

M : masse de l'échantillon 500 ou 10.000 g
selon la classe choisie.

m: masse du tamisât au tamis de 1,6 mm

Le résultat sera arrondi à l'unité. Le coefficient mesure le % d'usure,
plus il est petit plus la résistance à l'usure est grande.



FIGURE I. 22 - Appareillage pour essai Micro Deval -

4.4.2.5 Essai de cisaillement :

4.4.2.5.1 But de l'essai :

Déterminer expérimentalement la courbe intrinsèque d'un sol pulvérulent puis d'en déduire les paramètres de cisaillement qui permettent d'estimer par exemple la contrainte de rupture sous une fondation superficielle.

4.4.2.5.2 Domaine d'application :

L'essai de cisaillement réalisé à la boîte s'applique dans des conditions drainées sur tous les types de sols naturels, reconstitués ou artificiels.

Ces essais sont utilisés lors d'études sismiques (glissements de terrain, tremblements de terre), pour la construction de remblais, de fondations

Profondes (pieux ou éoliennes) ou dispositifs offshores.

4.4.2.5.3 Interprétation des résultats :

A partir des résultats on peut :

- * Calculer de vérifier des coefficients de sécurité à la rupture du talus.
- * Déterminer des actions des poussées et butée.

5.CONCLUSION :

La dégradation et l'usure des surfaces des routes sont la conséquence qui se produit au cours de l'existence de l'ouvrage routier. Les causes sont diverses et les méthodes d'affaiblissement changent en fonction de ces causes. Les anxiétés mécaniques et thermiques sont le principal facteur d'affaiblissement de chaussée et doivent être prises en compte lors de l'étape de configuration de l'asphalte. Le stade de développement affecte également de manière significative la résistance de corps de chaussée. Le bon compactage des couches granulaires ou liées, le maintien des couches de couverture noire et l'exécution appropriée des joints sont des conditions importantes pour une chaussée solide qui offre le confort et sécurité aux usagers. De cette manière, une attention particulière doit être accordée à cette charge sur route pendant les étapes de planification et de développement de corps de chaussée. La compréhension de l'usure est également importante pour garantir un soutien légitime de route et pour prolonger sa durée de vie. La décision concernant les procédures d'entretien doit être fondée sur une enquête décente sur les raisons de la désintégration constatée.

CHAPITRE II:

Analyse et diagnostic

1.Introduction :

Le processus de dégradation des chaussées est un phénomène bien connu mais difficile à décrire ou à maîtriser. Néanmoins, actuellement la technologie permet de bien diagnostiquer ces dégradations, et par conséquent d'y remédier.

En effet, après la mise en service d'une chaussée, sa structure et son comportement évoluent sous l'influence de diverses contraintes, et cela se traduit par un certain nombre de désordres. Ces derniers viennent de l'inadéquation des matériaux actuels utilisés dans les diverses couches de la chaussée ou de l'épaisseur de celles-ci par rapport au travail qu'elles doivent effectuer.

Afin de mettre en évidence les problèmes cités précédemment , nous avons choisi un cas édifiant, celui de la RN22C , qui nous a permis de faire une expertise sur le terrain suivi d'une recherche au niveau des structures concernées, à savoir la DTP (Direction des travaux publics) et LTPO (Laboratoire de Travaux public ouest) , en plus d'une recherche sur l'historique du site objet de notre étude.

2.Les différents types de dégradations :

D'une manière générale, On différencie les dégradations des routes revêtues à travers quatre grandes familles que sont :

- * La famille des déformations.
- * La famille des fissurations.
- * La famille des arrachements.
- * Les mouvements de matériaux.



Figure II.1 - Ornières (Déformations)- depositphotos.com-



Figure II.3 – Ressuage (mouvements de matériaux)
- encyclautomobile.fr -



Figure II.2 – Fissurations –
book4yours.blogspot.com -

Pour chaque type de dégradation, trois niveaux de gravité sont répertoriés, dont : Les notions suivantes :

Faible : Il correspond au stade initial de dégradation, les premiers signes apparaissent parfois par intermittence sur le tronçon routier, et l'expert doit être attentif à détecter les symptômes de dégradation. Ce niveau est généralement difficile à percevoir pour un observateur se déplaçant en véhicule à une vitesse d'environ 50 km/h. À la vitesse maximale autorisée, le confort de conduite n'est pas affecté ou a peu d'effet

Moyen: Ce niveau représente une dégradation continue qui est facilement perceptible par des observateurs se déplaçant à 50 km/h. À la vitesse maximale autorisée, le confort au roulement est sensiblement diminué par la plupart des dégradations.

Majeur : Ce niveau indique que la dégradation est accentuée et évidente, même pour un observateur se déplaçant à la vitesse maximale permise. Le confort au roulement est généralement diminué et il faut une intervention urgente dans ce cas.

2.1. Les déformations : Ce sont des dépressions ou ondulations sur 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 peut les classées

suivant leur forme et leur localisation. Dans ce type de dégradations, on distingue : les affaissements, les ornières et les bourrelets.

2.1.1. Affaissement: Ce sont des dépressions très prononcées et généralement assez étendues, située soit en rive (Affaissements de rives) ou en pleine largeur de la chaussée (Affaissements hors rives). Lorsqu'elles ont une forme circulaire, ces dernières sont nommées flaches.

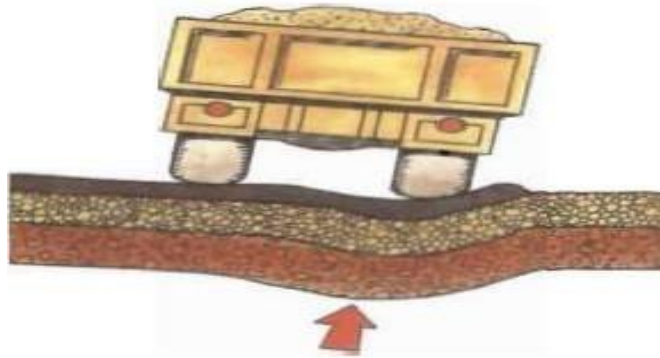


Figure II.4 - Schématisation d'un affaissement

2.1.1.1. Causes probables :

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

2.1.2. 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...

2.1.2.1. Causes probables :

- Un sous dimensionnement du corps de chaussée lui conférant une résistance

insuffisante.

- Un compactage insuffisant lors de la réalisation.
- Des insuffisances du revêtement : bitume trop mou ou surdosage, enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd.



Figure II.5 Ornière – internet -

2.2. Les fissurations : Les sollicitations répétées de flexion alternée dans la couverture bitumineuse d'une chaussée souple entraînent une dégradation par fatigue, qui est initialement une fissure isolée puis évolue progressivement vers une petite fissure en forme de filet. On distinguera donc les fissures longitudinales, les fissures transversales et le faïençage.

2.2.1. 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.

2.2.1.1. Causes probables :

- 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).

- Joint de construction mal exécuté (arrêt et reprise des travaux de pose d'enrobé).



Figure II.6-fissure transversale- (Arbitusvinyl.com). [6]

2.2.2. 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.

2.2.2.1. Causes probables :

- 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).
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.

- Mauvais drainage des couches granulaires de la chaussée.



Figure II.7-Fissuration longitudinale- (bv.transport.gouv.qc.ca). [7]

2.2.3. Les faiencage : Le faiencage est par définition un ensemble de fissures plus ou moins rapprochées formant des mailles

2.2.3.1. Causes probables :

- Durcissement et retrait de l'enrobé.
- Rupture de la couche superficielle due aux sollicitations de la circulation, à la fatigue et au vieillissement dans le cas d'une trop faible épaisseur
- Mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base.
- Dégradation de couches inférieures (couche de base principalement).
- Perméabilité de la couche de base inférieure à celle de la couche de roulement.
- Mauvaise mise en œuvre;
- Sous dimensionnement du corps de chaussée (épaisseurs insuffisantes);



2.3. Les arrachements : Il s'agit des désordres affectant en général la couche de roulement. 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.

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

2.3.1.1 Causes probables : Le Désenrobage est provoqué par les phénomènes suivants :

- usure due à un trafic intense.
- Sous dosage du bitume.
- compactage insuffisant.
- surchauffe ou vieillissement de l'enrobé oxydation et fragilisation).
- granulats insuffisante.
- mise en œuvre par conditions météorologiques défavorables.
- stagnation d'eau sur la chaussée.

2.3.2. Nid de poule : Ce sont des désagrégations localisées du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de tailles et de profondeurs variables. Ils représentent le stade final d'un faïençage, d'une flache, d'un plumage ou d'une pelade.

2.3.2.1. Causes probables :

- Défaut localisé de la couche de roulement ou de base lors de la fabrication ou de la mise en œuvre des matériaux;
- Épaisseur insuffisante du revêtement;
- Forte perméabilité de la couche de roulement;
- Désagrégation et départ de matériaux dus à une mauvaise qualité de la chaussée;
- Très souvent, ils correspondent au stade ultime d'autres dégradations (faïençage, flache, Désenrobage, pelades...).



Figure II.9 –l’arrachement et le nid de poule- (ibef.net). [8]

2.4. Les remontées de matériaux : Les remontées de matériaux sont l’apparition de matériaux ou d’eau à la surface du revêtement en l’affectant ; ce phénomène peut provenir soit des couches inférieures ou soit se manifester à partir même de la couche de roulement (cas du ressuage).

2.4.1.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

2.4.1.1. Causes probables:

- 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) ;

- Choix inapproprié des granulats;
- Excès de compactage ;



Figure II.10-1'arrachement et remontée des matériaux- entretien de routes -

3. relevé des dégradations :

Ce travail consiste à :

- Identification des pathologies observées (dont on a effectué une expertise sur site).
- Quantifier l'importance des dégradations.
- Apprécier le degré de gravité de dégradations.

3.1 Identification des dégradations :

Dans notre cas de la RN22C du pk9+000 au pk23+000 en 2*2 voies. Les désordres observés se rattachent essentiellement aux deux types : les dégradations de la structure et les dégradations de la surface.



Figure II .11 dégradation de structure (set Sétif)

figure II.12 dégradation de surface-faïençage-

(Notre photo le 17/04/2021)

3.1.1 Les fissurations observées :

✚ Fissurations longitudinales dans la bande de roulement :

Les fissures observées dans la RN22C, en générale rectilignes mais pas toujours Ouvertes.



Figure II.13 fissure longitudinale (photo de notre expertise le 05/04/21)

✚ Fissurations transversales :

Comme Dans la RN22C, les fissurations ne sont pas toujours ouvertes.



Figure II.14 fissures transversales

✚ Faiçençage :

C'est le croisement des fissures longitudinales et les fissures transversales.

On distingue trois types de faiçençage ; suivant le degré de gravité représentée aux figures suivantes:



Figure II.16 faiçençage a maille Serrée (degré 03)



Figure II.15 faiçençage a maille large (degré01)



Figure II.17 faïençage a maille moyenne (degré02)

Dans le cas de la RN22C, ce faïençage apparaît sur la bande de roulement généralement degré 02 et 03 et parfois degré 01 en endroit des affaissements.

3.1.2 Les déformations observées :

L'orniérage : dépression ou déformation longitudinale simple .



Figure II.18) déformation longitudinale -orniérage-(photo de notre expertise prise le 05/04/2021)

Les affaissements : généralement la RN22C ne présente pas des dégradations

en matière d'affaissement à l'exception d'une section déformée du pk13+000 au pk13+200 (Ain-houte) qui présente un affaissement sur des deux côtés avec des fissures ouvertes.



Figure II.19) déformation longitudinale –un affaissement-(photo de notre expertise le 05/04/2021)

- La section au pk13+100 (section en remblai) présente un tassement différentiel important à cause de dégradation de système d'assainissement et aussi il faut mentionner que depuis l'année de réalisation de cette route(1986) ou peut être avant cette date qu'il existe un glissement profond du au massif remblai (d'environ 15 à 20mètre de hauteur) et au charges importantes de trafic à nos jours.

4. Appréciation de la qualité résiduelle de la chaussée d'après les dégradations observées :

Pour apprécie la qualité résiduelle de la chaussée en se base sur les méthodologies de CEBTP-LCPC qui attribue une note globale de la chaussée suivant les pourcentages de linière fissuré et de linière déformé. Ce document scinde la qualité de la chaussée suivant une notation de note 1 au note 3

La note 01 : pour un pourcentage de linière dégradé inférieure à 10%.

La note 02 : est donnée pour un pourcentage de linière dégradé compris entre 10% et 50%.

La note 03 : est donnée pour un pourcentage de linière dégradé supérieure à 50%.

➤ Les deux tableaux suivants illustrent la qualité de la chaussée :

✓ La chaussée gauche :

pk	fissures	déformations
Du pk13+000 au pk14+000	01	02
Du pk14+000 au pk16+000	02	02

Du pk16+000 au pk17+00	01	01
------------------------	----	----

Tableau II.1) représente l'état de la chaussée gauche de la RN22C (set Sétif et LTPS)

✓ **La chaussée droite :**

pk	fissures	déformations
Du pk13+000 au pk14+000	01	03
Du pk14+000 au pk16+000	01	02
Du pk16+000 au pk17+00	02	03

Tableau II.2) représente l'état de la chaussée droite de la RN22C (set Sétif et LTPS)

4.1 Mesure d'uni :

Les mesures d'uni permettent de connaître les irrégularités du profil en long (état de la planéité de la surface) l'évolution de l'uni caractérisée principalement par trois éléments :

- ❖ Déformation structurelle (liée au trafic et à l'indice structurel).
- ❖ État de la surface (liée fissurations ; Nids de poules et profondeur d'ornièrè).
- ❖ Un terme d'uni (lié à l'âge de la chaussée et à l'environnement).

Le tableau au-dessous permet d'identifier l'état de la chaussée en fonction de l'indice IRI:

Évaluation	Bon	Moyen	Mauvais
IRI (m/km)	<1.6	1.6-2.5	≥2.5

Tableau II.3) Illustration de l'état de chaussée en fonction de l'indice IRI

4.2 Mesures de déflexion :

La déflexion est la déformation élastique mesurée à la surface d'une chaussée au passage d'une charge roulante constituée par deux roues jumelées d'un essieu de 13 tonnes.

Elle est utilisée pour connaître le comportement des structures de chaussée (portance).

- Une auscultation de la chaussée à l'aide de l'HWD a été effectuée le 10-25 Avril 2019 au site du projet par la société set Sétif) partant de la bande droite de la chaussée du pk9+000 au pk23+000 (vers Mansourah).

➤ Critère d'évaluation de déflexion:

Illustré au tableau suivant:

Évaluation	Bon	Moyen	Mauvais
De (mm/100)	<29	30-40	≥45

Tableau II.4) illustration de l'état de la chaussée en fonction de déflexion

Dans le cas de la chaussée de la RN22C du pk9+000 au pk23+000, cette valeur de déflexion caractéristique calculé par le set Sétif est égale a :

- dc=35/100mm **pour chaussée gauche.**
- dc=54/100mm **pour chaussée droite.**

- La déflexion mesurée sur la chaussée de RN22C pk13+000 au pk17+000 est **dans ce seuil pour la chaussée gauche et hors ce seuil pour la chaussée droite.**

Les deux tableaux suivants montrent le jugement par la même méthode (CEBTP-LCPC) pour les deux sens de la chaussée du pk13+000 au pk17+000 :

Déflexion	d1		d2	d3	
Portance	Bonne	Acceptable	Mauvais	Très Mauvais	

Tableau II.5) La portance de la chaussée droite (sens 1) de la RN22C en fonction de la déflexion

Déflexion	d1		d2	d3	
Portance	Bonne	Acceptable	Mauvais	Très Mauvais	

Tableau II.6) La portance de la chaussée gauche (sens 2) de la RN22C en fonction de la déflexion

2. Notre diagnostic :

En date du 05 avril 2021 nous avons procédé à une expertise sur site (tronçon PK 13 au PK 17) avec prise de photos, et on a constaté les mêmes types de dégradations reportés par l'entreprise. Cependant, il est à noter que la zone en question est fortement sollicitée par le trafic routier, notamment par les camions et les bus de l'université.

Pour précision, ce tronçon routier présente une pente importante et un encombrement de circulation constant, ce qui provoque des arrêts et des redémarrages fréquents par conséquent qui augmente les frottements des pneus des poids lourd avec la chaussée, ce qui exacerbe le phénomène de détérioration.

Vu l'ampleur des dégradations constatées, et l'aspect répétitif qui a entaché ce tronçon de route, nous avons jugé utile et primordiale de pousser nos investigations sur l'historique de cette zone. Sur ce point précis Monsieur NGADDI (responsable d'archives des routes au niveau de la DTP) nous a informé qu'un sinistre de glissement de terrain a fortement endommagé la zone en question, et cela avant même la conception de l'ouvrage, chose qui a été confirmée par un expert géotechnicien lors de notre passage à la LTPO.

Sur notre question sur les causes de ce glissement notre interlocuteur nous a informé qu'une grande partie du terrain était constitué d'un remblais (environ 15 mètres) et vu l'augmentation du trafic routier le risque était plus évident qu'aléatoire.

Suite à notre analyse et les informations collectées, nous pouvons dire que le problème mérite d'être étudié plus en profondeur que superficiellement, c'est la raison pour laquelle nous avons axé notre réflexion sur des solutions purement technique en prenant en considération les contraintes posées sur le terrain.

3. CONCLUSION :

Le diagnostic et la corroboration des données permettent de déterminer les causes les plus probables des dégradations dans les chaussées souples. Ces dégradations sont principalement causées par :

- Le trafic (efforts verticaux, efforts tangentiels, dus aux véhicules poids lourds)
- L'influence des conditions climatiques (action de l'eau, effet de la température)
- la répartition inadéquate du liant, la contamination des granulats, l'insuffisance de compactage)

Les résultats de l'auscultation automatique et de l'inspection visuelle permettent d'expliquer les phénomènes de ces dégradations et de proposer les solutions les plus appropriées.

CHAPITRE 03 :

L'Entretien

1. Introduction :

L'entretien des routes, c'est des interventions visant à améliorer ou rehausser la qualité des services d'une route. S'il n'y a pas d'entretien régulier, elle se détériore, et en fin de compte, à disparaître.

Les trois objectifs principaux d'entretien curatif sont :

* Maintenir la structure de la chaussée en bon état et s'adapter aux changements de trafic (portance des assises),

* Maintenir des conditions de sécurité et de confort satisfaisantes,

* la conservation de l'intégrité de la couche de surface (qualité de la couche de surface et rôle de protection des couches inférieures).

2. Proposition des solutions de renforcement :

Nous proposons ci-dessous des solutions de renforcement par la méthode SETRA (aide au choix des solutions d'entretiens).

2.1. Méthode SETRA : cette méthode repose sur trois paramètres :

- La déflexion caractéristique.
- l'état de dégradations.
- Le trafic.

L'interprétation de toutes les données issues des investigations effectuées montre que la portance de la chaussée de la RN22C du pk 13+000 au pk 17+000 est bonne à moyen sauf la section en remblais (remblais importants qui nécessite un traitement Spécial à cause des eaux pluviales qui influencent à la chaussée et la pente transversale de terrain).

Les dégradations observées affectent les couches de corps de chaussée.

Donc les différentes investigations que nous avons effectuées aboutissent aux solutions suivantes :

- Mis en œuvre d'une couche de 06 à 08 cm en béton bitumineux et 10 à 20 cm de la grave bitume en renforcement direct.

Avant la mise en œuvre de ce renforcement, il faudra mener les opérations suivantes :

- Colmatages des fissures ouvertes.
- Reprofilage des sections affaissées avec de l'engrès à froids.

- La chaussée de la RN22C du pk 13+000 au pk 17+000 généralement dégradé par des fissures ouvertes en présence de dégradation de la surface à cet effet besoin un fraisage moyen de 5 à 20 cm.

- La section qui présente des tassements au niveau des remblais importants nécessitent :

- Traitement de système d'assainissement.
- Purgés sur une profondeur d'environ de 1m pour renforcer le sol.
- Support par une couche de forme de 60 cm.
- Un corps de chaussée neuf doit calculer.

Aux zones d'agglomérations et pour garder la même cote de la chaussée existante nécessite fraisage sur 20 cm avec renforcement de 8 BB + 12 GB.

BB : Béton bitume, GB : Grave bitume

2.1.1 Structure de renforcement :

Corps de chaussée équivalente de la structure de renforcement :

Pour vérifier la structure de la chaussée existante, nous avons remplacé cette dernière par un corps de chaussée neuf équivalant.

Les coefficients d'équivalence de chaque matériau sont mentionnés dans le tableau suivant :

Matériaux	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux neuf	2

Béton bitumineux fissuré	1,5
Béton bitumineux neuf très fissuré	1,2
Grave bitume neuf	1,5
Grave bitume usé	1,2
Grave non traité en couche de fondation	0,6
Grave non traité usé	0,5
Couche de forme	0,3

Tableau III.1 – Les coefficients d'équivalence de chaque matériau -

	Fissuré (cm)	Après fraisage	Structure équivalent (cm)
Couche de roulement en BB	7	2	1,5
Couche de base en GB	16	16	12,8

Tableau III.2 – Cas de fraisage de 05 Cm -

	Fissuré (cm)	Après fraisage	Structure équivalent (cm)
Couche de roulement en BB	7	0	0
Couche de base en GB	16	3	2,4

Tableau III.3 – Cas de fraisage de 20 Cm -

	Fissuré (cm)	Après fraisage	Structure équivalent (cm)
Couche de roulement en BB	7	0	0
Couche de base en GB	16	15	12

Tableau III.4 – Cas de fraisage de 06 Cm -

- On peut résumer les solutions de renforcement comme suit :

Section	État	Type de renforcement	Solution proposé
Du pk 13 au pk 14+250	Fissures ouvertes avec	Renforcement	- Frisage en 20 cm

	départ de matériau, - Zone d'agglomération	compliqué	- Renforcement de 08 cm en BB +12 cm en GB
Du pk 14+250 au pk 15	Fissures ouvertes avec départ de matériau	Renforcement moyen	- Frisage en 05 cm - Colmatage des fissures - Reprofilage des ornières et des affaissements - Renforcement de 06 cm en BB+ 12 GB
Du pk 15 au pk 16	Fissures ouvertes avec départ de matériau - Zone d'agglomération	Renforcement compliqué	- Frisage en 20 cm - Renforcement de 08 cm en BB +12 cm en GB
Du pk 16 au pk 17	Fissures ouvertes avec départ de matériau	Renforcement moyen	- Frisage en 05 cm - Colmatage des fissures - Reprofilage des ornières et des affaissements - Renforcement de 06 cm en BB+ 12 GB

Tableau III.5 – état de la chaussée et les solutions proposées -

3. Nos solutions proposées :

3.1 AMERICAN ROAD PATH (membrane bituminée routière américaine) :

Description :

Patch de réparation des joints. L'American Road Patch Peel and Seal Repair Patch s'insère dans la chaussée en formant un joint étanche, prolongeant ainsi la durée de vie des réparations.

Contrairement aux méthodes traditionnelles, L'American Road Patch est un produit rentable qui contient, renforce et scelle correctement les Nids de poule, les fissures et les réparations de coupures de service.

Les méthodes actuelles de réparation des routes ne s'attaquent pas à la cause du problème - empêcher l'eau d'entrer. L'American Road Patch est la solution ! Faites le pas supplémentaire maintenant et évitez de répéter les travaux de réparation plus tard.

- Facile à appliquer

- pas besoin de camions ou d'équipements spéciaux
- Grille en fibre de verre renforcée à haute résistance
- Se lie à l'asphalte ou au béton
- Technologie brevetée
- Résistant aux charrues
- Achever les réparations sans fermer la route

Domaines d'application :

- Réparation des nids de poule Scellage des fissures et des joints
- Cacher/couvrir les marquages routiers non utilisés
- Sceller les chaussées en mauvaise état
- Protéger les bords des ralentisseurs
- Réparer les joints de pont inégaux



Figure III.1) procédé adhésif pour réparer les routes à moindre coût
(Site : www.americanroadpatch.com). [9]



3.2 Thermo plastic resin (Résine thermoplastique):

L'entreprise française (Réavia) ; propose une large gamme des produits de réparation, entretien des routes et voiries. visant une rénovation fiable sur le long terme, dont on va présenter quelques produits dans cette gamme :

TOROS :__ (d'après ça fichetechnique)

TOROS est un système de réparation en 3 composants : résine méthacrylate noir + granulats 5-8 + durcisseur.

Il est destiné à la rénovation de chaussées bitumineuses.

Les zones de dégâts à traiter peuvent être :

- Des nids-de-poule
- Les inégalités de niveau du sol sur des surfaces en enrobées

Très forte anti-glissance

Séchage rapide

Très forte adhérence avec le support

• **Conditions d'application:**

Pour garantir une bonne adhésion, la surface à traiter doit être :

- intacte au point de vue mécanique
- exempte d'huile
- à une température entre + 5°C et +35°C
- à une hygrométrie <80%

1-9	10-19	20+
79,80 €	77,41 €	75,08 €

Tableau III.1) prix de produit TOROS celan les quantités



Figure III.3) produit d'entretien et réparation des routes –TOROS- (ore-peinture.fr). [11]

3.3 L'APPOLO :

Ce produit permet de **combl**er les **dégradations légères** (inférieures à 5 mm).

❖ Description:

Résine teintée dans la masse utilisée pour aplanir et réparer les dégradations légères des routes. **APPOLO** aplanit les inégalités de chaussées bitumineuses telles que :

- ✓ Rabotage
- ✓ Fissures (inférieures à 5 mm)
- ✓ Stries superficielles causées par des véhicules
- ✓ Inégalités de niveau du sol sur des surfaces en enrobé

❖ Caractéristiques techniques :

- Consommation : 2 à 3 kg/m²/mm
 - Temps de séchage : 45 min selon température ambiante
 - Matériel : Spatule crantée ou lisse
 - Conditionnement : 6 ou 24 kg
- Même ce produit est toujours disponible sur Oré shop.



Figure III.4) produit d'entretien et réparation des routes –APPOLO- (ore-peinture.be). [12]

3.4 TRAITEMENT DE GLISSEMENT PROFOND AU NIVEAU DE AIN-HOUE DE LA RN22C :

Pour le traitement de ce problème (le glissement existant) à partir de pk13+000 au pk17+000 on a réfléchi qu'il faut d'abord penser à déterminer le cercle de glissement à cette zone pour voir les limites de ce glissement à l'aide d'appareil spéciale (l'inclinomètre), même s'il le faut le ramener de laboratoire géotechnique d'Oran parce qu'il n'est pas disponible au LTPO (Tlemcen).

Une fois le glissement est déterminé (coté Amont et Aval), c'est donc possible d'adopter différents solutions à ce problème tel que : un soutènement profond.



Figure III.6) appareil –inclinomètre – mesure profondeur de glissement (metrix.rwbgroupe.ch). [13]

4. CONCLUSION :

Nous avons par ailleurs fait connaissance des méthodes utilisées pour définir le type d'entretien à faire sur une route. Il est question essentiellement de :

- ✓ Quand et comment on planifie et fait l'entretien routier,
- ✓ Les méthodes d'études à considérer quand il s'agit d'entretien routier
- ✓ Les outils à utiliser
- ✓ Les mesures à prendre.

En recommandations, nous précisons que : Il faut proposer un plan d'action pour planifier, régulariser, contrôler la route une fois que les travaux d'entretien sur la RN22C seront terminés.

- L'eau est l'ennemi n°1 de la route et il faut éviter que l'eau pénètre dans le corps de chaussée car cela va rapidement engendrer des dégradations. Il est donc important de mettre en place des ouvrages jouant ce rôle et entretenu régulièrement. La bonne tenue d'une route dépend aussi de son système de drainage.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail a pour finalité de :

- Déterminer les causes les plus probables des dégradations observées dans les chaussées souples en générale et en particulier celles des dégradations existantes dans le tronçon qui a été l'objet de notre étude ;
- De trouver des solutions à ces défauts ;
- De vérifier si ces solutions sont fiables ;

L'étude théorique et le diagnostic nous a permis de comprendre que les dégradations des chaussées souples sont causées d'une manière générale par :

- ❖ Le trafic : efforts verticaux, efforts tangentiels dus aux véhicules poids lourds
- ❖ L'influence des conditions climatiques : action de l'eau, effet de la température
- ❖ Les malfaçons : sou-dimensionnement par rapport au trafic et sol support, la répartition inadéquate du liant, la contamination des granulats, l'insuffisance de compactage.

Pour le cas du tronçon que nous avons choisi, l'étude que nous avons faite nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ✓ L'auscultation visuelle du tronçon a permis de détecter un état acceptable de dégradation à moyen dans la chaussée avec quelques sous sections en état avancé (état mauvais) où il a été constaté des fissures longitudinales et transversales et des affaissements.

L'auscultation par mesure de déflexions a permis d'obtenir un bassin de déflexion permettant de détecter les zones de mauvaises portances de la chaussée.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1]: Localisation de site de projet de la RN22C –Google map-
- [2]: <https://www.dynatest.com/heavy-weight-deflectometer-hwd>
- [3] : SET Sétif et labo travaux public de sud-LTPS-
- [5]: source internet :(CETE)
- [6] : Arbitusvinyl.com
- [7] : bv.transport.gouv.qc.ca
- [8] : (ibef.net)
- [9] : www.americanroadpatch.com
- [10] : eu.adfors.com
- [11] : ore-peinture.fr
- [12] : ore-peinture.be
- [13] : metrix.rwbgroupe.ch
- [14] : LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves .paris : Bagneux, 1997.
- [15] : <http://www.academicinfo.net/subject-guides>
- [16] : <https://scholar.google.com/>
- [17]: https://sweetsearch.com/?fbclid=IwAR0jX7ARAmRjPBJgbD4cMuP8kjoiT0cb1mSiaZXeteArOohaxSJo_BYv2Z8
- [18] : géniecivilpdf.com
- [19] : https://www.refseek.com/?fbclid=IwAR0wOXYWs0iqMeVQ9RG_UZAb5op_bF8uoLJIRFsG_7EcTK9v5U9WA9veWqs
- [20] : <http://www.academicinfo.net/subject->

[guides?fbclid=IwAR0Y63bLWAicgB2ndw_lySDoiehTiD0djwowHVqZBvbLa4eEnkz2A3KI1uI](#)

