

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de :Génie civil et Hydraulique

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Génie civil

Spécialité : Étude et contrôle bâtiments et routes

Thème

**Mesure in situ la compacité d'une couche de roulement
en béton bitumineux pour des chaussées pré -
dégradées .**

Présenté par :

- ❖ Khemis Abdeldjalil
- ❖ Lezghem Mohammed Abdelouahed

Soumis au jury composé de :

Kebaili Nabil	M.C.B	UniversitéOuargla	Président
Khellou Abd Razak	M.C.B	UniversitéOuargla	Examineur
Bentata Aissa	M.A.A	UniversitéOuargla	Encadreur

Année Universitaire: 2020 / 2021

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de :Génie civil et Hydraulique

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Génie civil

Spécialité : Étude et contrôle bâtiments et routes

Thème

**Mesure in situ la compacité dune couche de roulement
en béton bitumineux pour des chaussées pré -
dégradées .**

Présenté par :

- ❖ **Khemis Abdeldjalil**
- ❖ **Lezghem Mohammed Abdelouahed**

Soumis au jury composé de :

Kebaili Nabil	M.C.B	UniversitéOuargla	Président
Khellou Abd Razak	M.C.B	UniversitéOuargla	Examineur
Bentata Aissa	M.A.A	UniversitéOuargla	Encadreur

Année Universitaire: 2020 / 2021

يرتبط تدهور السير في الطرق بشكل رئيسي إلى جودة الخرسانة الإسفلتية المستخدمة وصياغتها. وهذا يعكس أهمية العلاقة بين صياغة الخرسانة الإسفلتية وتدهور طبقات السير. بالنسبة إلى صياغة تركيب الخرسانة الإسفلتية، نسعى غالبًا إلى تحديد النسب المثلى للمكونات المختلفة لهاته الخرسانة بالحصول إلى احسن و امثل ااكتناز في هذا الموضوع نقدم مساهمة بطريقة إحصائية للربط بين نوع التدهور المسجل على سطح طبقة السير ودرجة الاكتناز في الموقع. تم العمل باخذ قياسات و قراءات من نقاط مختلفة على بعض الطرق المنجزة و قمنا بقياس الاكتناز في الموقع في الموقع بواسطة مقياس الكثافة النووية PQI380. تظهر الملاحظات المسجلة أن هناك مستوى معين من الاكتناز له دور ايجابي في اداء طبقة الرص و الذي لا يجب تجاوزه و الا فان هذا الاداء سينخفض. الكلمات المفتاحية: خليط الإسفلت، الدمك، طبقة السير. تدهور الطريق

Résumé

La dégradation de la couche de roulement dans les chaussées liée principalement par la qualité des enrobés bitumineux utilisés et sa formulation. Ce qui traduit l'importance de la relation entre la formulation des enrobés bitumineux et la dégradation de la couche de roulement.

Quand il s'agit la formulation nous rechercherons souvent une optimisation du dosage des différents composant avec une compacité optimale pour la composition formulée. Notre sujet de recherche mené une contribution par voie statistique pour relier le type de dégradation enregistrée et le degré de compacité de la couche de roulement considérée. Le travail a été réalisé sur quelques traçons routiers déjà réalisés et nous avons mesuré la compacité sur site par le densimètre nonucléaire PQI380.

Les constatations enregistrées ont montre que il y a un niveau de compacité qui sert favorablement la performance de la couche de roulement et qui on ne doit pas dépassé, sinon cette performance s'abisse.

Mots clés: Enrobé bitumineux, compactage, couche de roulement, dégradations.

Liste de Figure

fig I.1	Déformations	4
figI.2	Fissurations.....	6
figI.3	Arrachements.....	7
figI.4	Les sollicitations induites par le trafic sur une chaussée bitumineuse adaptée de (Di Benedetto & Corté, 2005)...	9
figII-1	Rouleaux tandems statiques.....	13
figII-2	Rouleau pneumatique.....	14
figII-3	Rouleau muni de jupes.....	14
figII-4	Rouleau à vibrations verticales.....	14
figII-5	Rouleau à oscillations.....	17
figII-6	Rouleau mixte.....	18
figII- 8	arrêt de compaction en obliquant.....	22
figII- 9	Engravures.....	28
figII-10	Reprise des travaux.....	30
figII-11	Vérification de l'uni avec la règle de 3 mètres.....	31
figII-12	Joint ouvert.....	32
figII-13	Finisseurs en echelon.....	33
figII-14	Chevauchement des bandes.....	35

Liste des tableaux

tableaII.1	températures de compactage selon la classe de bitumen.....	24
table II.2	Temps limite de compacité d'un enrobe.....	26
tableIII.1	le mesures le compacité et poids lourd.....	41
tableIII.2	le mesures le compacité et etat surface.....	41
tableIII.3	le mesures le compacité et poids lourd et etat surface..	42
tableIII.4	Trafik routier des chemins de wilaya arrete au 31/12/2020.....	54
tableIII.5	Trafik routier des routes nationales arrete au31/12/2020.....	55
tableIII.6	le mesures de l'appareil PQI380.....	59

Liste des Annex

photo-1	photographie de dégradation.....	46
Photo -2	photographie de fissures transversals.....	45
photo-3	photographie de dégradation.....	45
photo-4	photographie de des arrachements.....	47
photo-5	photographie de fissures transversales.....	47
photo-6	Photographie de fissures transversales.....	48
photo-7	photographie de fissures transversales.....	48
photo-8	photographie des arrachements	49
photo-9	photographie bon béton bitumineux de la chaussée.....	50
Photo 10	photographie bon béton bitumineux de la chaussée..... des arrachements.....	51
photo-11	photographie de mesures de la l'appareil.....	52
photo-12	photographie de mesures de la l'appareil.....	53
photo-13	photographie de mesures de la l'appareil.....	54

Liste des Digram

digra I.1	Diagram le comaction en terme de poids lourd.....	41
------------------	---	----

Liste des notations et des abbreviations

BG	grave bitumen
BB	béton bitumineux
PL	poids lourd
Pt	Point
RN	Routé nationaux
CW	chemins wilaya

Sommaire

Résumé.....	IV
Listé de figure.....	V
Listé de tableaux.....	VI
Annexes.....	VI
Liste des notations et des abréviations.....	VI
Liste des Digram.....	VI
Sommaire	VII
Introduction générale.....	B
chapeter I Dégradation des chaussées	
I./Les différents types des dégradations et leurs causes.....	2
I.1/ déformations.....	3
I.1.2/ Ornière à faible rayon.....	3
I.1.3/ Ornière à grand rayon.....	4
I.1.4/ Affaissement.....	4
I.2/ fissurations.....	4
1/ Fissures transversals.....	5
2/ Fissures longitudinales.....	5
3/ Fissures longitudinales en piste de roués.....	5
4/ Fissures de gel.....	5
5/Fissures en carrelage.....	5
6/ Fissures en rive.....	6
I.3/Arrachements.....	6
II.1LES Dégradations.....	7
II.2/Dégradations de surface.....	7
II.3/Dégradations structurelles.....	7
III.1/Les dégradations des chaussées.....	8
V/Fissuration par fatigue.....	8
IV/Fissuration thermique.....	8
IIV/Déformations permanentes (Orniéage).....	9
chapeter II Compactage des enrobes	
1/Généralités.....	12
2/Les rouleaux.....	15
2.1/Les rouleaux statiques.....	15
3/Les rouleaux à vibrations verticales et les rouleaux à oscillations ou vibrations horizontals.....	16
4/Les rouleaux mixtes.....	18
5/Le compactage.....	19

5.1/ Le compactage initial.....	19
5.2/Le compactage intermédiaire.....	20
5.3/Le compactage final.....	20
6/La méthode de compactage.....	21
7/Le temps de compactage.....	23
7.1/La fin du compactage et l’entretien des rouleaux.....	26
8/La confection des joints.....	27
8.1/Généralités.....	27
8.2/Les joints transversaux.....	28
8.2.1/Les joints de début ou de fin de travaux.....	28
8.2.2/Les joints de fin de journée ou d’arrêt du finisseur.....	29
8.2.3/Le compactage des joints transversaux.....	31
9/La mesure de l’uni des joints transversaux.....	32
9.1/Les joints longitudinaux.....	32
9.2/Les joints chauds.....	33
10/ Nombre de passes du compacteur.....	35
11/Vitesse du compacteur.....	35
12/L’épaisseur de la couche compactée.....	35
13/Systèmes destinés à éviter le collage de l’enrobé sur les pneumatiques, les cylindres métal- liques ou les plaques.....	36
chapater III Sondage des mesures in-situ	
Introduction.....	38
I/Methode de plon de mesure.....	38
II/ Apeiçu sur l’appareil PQI380.....	38
III/Le mesures.....	40
1/ Compacité –poids lourd.....	40
2/ Le compacité et etat surface	41
3/ Synthese compacité- etat surface- poids lourd	42
Conclusion générale	
Annexes	
Références bibliographiques	



Introduction

Introduction

Les couches de roulements sont généralement constituées par des enrobés bitumineux notamment le béton bitumineux ce qui signifie que la qualité de ceci influencé quasi-totalement sur la performance de ces couches.

L'apparitions des différentes dégradations sur les couches de roulements est dépend en grande part par le mode de formulation et de mise en oeuvre du béton bitumineux utilisé.

La confection d'un béton bitumineux performant passe par une étude de formulation appropriée basée sur l'optimisation du dosage en différents constituants. Cette optimisation est subordonnée par l'obtention d'une compacité. Une fois le béton bitumineux atteint son compacité prévue sera prêt à l'emploi. Le présent travail présente une contribution à expertiser l'état de surfaces des couches de roulements en béton bitumineux par la mesure in situ et à l'aide de l'appareil densimètre non nucléaire PQI380 le degré de compacité en reliant à chaque point la compacité et l'état de surface.

Le plan de travail suivi dans cette étude comporte les démarches suivantes :

La partie théorique comporte deux chapitres repartis comme suit :

Dans le premier chapitre est consacré à l'étude des généralités sur les différents types de dégradations des chaussées souples et leurs causes les plus probables.

Dans le deuxième chapitre est consacré à l'étude des généralités sur les différents types de compactage des enrobés des chaussées souples et leurs causes les plus probables.

Enfin, nous terminons notre travail par le troisième chapitre dans lequel nous présentons les méthodes de mesures sur sites et discussions et interprétation des résultats.



Chapitre I
Dégradation des chaussées

Introduction

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.

I.1/Les différents types des dégradations et leurs causes

D'une manière générale, les dégradations observées dans les chaussées souples peuvent être répertoriées en quatre principales qui sont : (1)

- ❖ déformations
- ❖ fissurations
- ❖ arrachements

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

Faible :

Ce niveau correspond au stade initial de la dégradation : les premiers indices apparaissent parfois de façon intermittente sur un segment de route et

l'évaluateur doit être attentif pour y déceler les symptômes de détérioration. Ce niveau est souvent difficile à percevoir pour un observateur se déplaçant en véhicule à une vitesse de l'ordre de 50 km / h. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement n'est pas altéré ou l'est très peu.

Moyen :

Ce niveau désigne une dégradation continue et facilement perceptible pour un observateur se déplaçant à une vitesse de l'ordre de 50 km / h. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement est sensiblement diminué par la plupart des dégradations.

Majeur :

Ce niveau indique que la dégradation est accentuée et évidente, même pour un observateur se déplaçant à la vitesse maximale permise. Le confort au roulement est généralement diminué et, dans certains cas, la sécurité à la vitesse maximale permise peut être compromise. Une intervention de réfection ou de correction devrait être envisagée dans les meilleurs délais possibles lorsque ce niveau est atteint.

I.1/ déformations

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

1.1/Ornière à faible rayon

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

traces de pneus simples ou jumelés.

1.2/Ornière à grand rayon

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

3.1/Affaissement

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

Les figures ci-contre illustrent les différentes dégradations citées ci-dessus



(la Figure I.1 déformations)

I .2 / fissurations

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

peuvent intéresser aussi bien la couche de roulement seule, qu'une partie ou la totalité du corps de chaussée.

1/Fissures transversales

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

2/Fissures longitudinales

Les fissures longitudinales sont classées en deux catégories :

Les fissures longitudinales en piste de roues

les fissures longitudinales hors piste de roues

3/Fissures longitudinales en piste de roues

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

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.

5/Fissures en carrelage

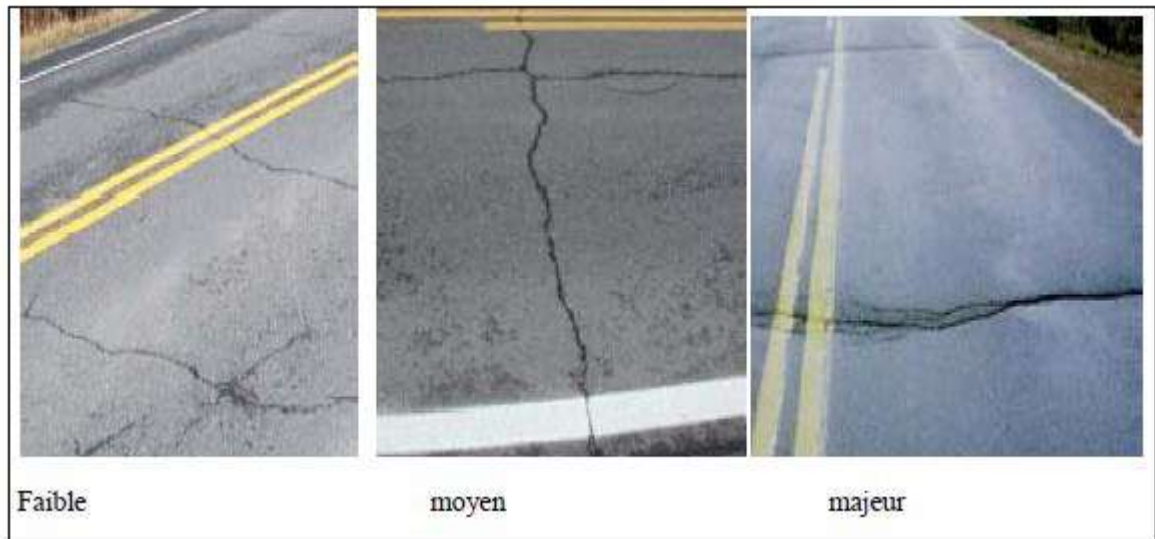
Les fissures en carrelage sont représentées par la rupture du revêtement sur des superficies plus ou moins étendues, formant un patron de fissuration à petites mailles polygonales dont la dimension moyenne est de l'ordre de 300 mm ou moins.

6/Fissures en rive

Elles correspondent à des ruptures en lignes droites ou en arcs decercle,lelong

de l'accotement ou de la bordure, ou décollement du revêtement le long de la bordure.

La figure ci-contre présente les différents types de fissurations :



(La figure I.2 fissurations)

I.3/ Arrachements

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

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

La figure suivante présente ces différents types de dégradations :



(La figureI.3 Arrachements)

II.1 LES Dégradations

La rapidité d'apparition des dégradations est fonction de la nature, de l'épaisseur ainsi que des caractéristiques physico-mécaniques des matériaux. L'évolution de la sévérité d'une dégradation s'accélère dans le temps jusqu'à ce qu'il y ait intervention. Il est possible de remédier aux dégradations grâce à des techniques d'intervention simples faisant partie d'un programme d'entretien.(2)

Les dégradations peuvent être classées en deux grandes familles :

II.2/Dégradations de surface

Celles-ci affectent les couches de roulement et leurs caractéristiques de surface. Les pathologies rencontrées peuvent être de la fissuration thermique, de l'arrachement, de l'orniérage de fluage, de l'usure, etc.

De plus, comme la couche de surface joue également un rôle de protection de la structure, si son intégrité est affectée et qu'il y a absence d'interventions, les pathologies deviendront plus importantes et d'autres dégradations apparaîtront aux couches sous-jacentes de la chaussée. Ces dernières seront alors des dégradations structurelles.

II.3/Dégradations structurelles

Celles-ci proviennent des couches sous-jacentes et provoquent souvent une déformation permanente de la chaussée. Les pathologies rencontrées peuvent être du soulèvement différentiel, de la fissuration dans les pistes de roue, de l'orniérage à grand rayon, des affaissements de rives, etc.

Si des dégradations structurelles apparaissent, des interventions majeures doivent être envisagées pour remettre la chaussée en bon état. Les interventions seront alors de la famille de la réhabilitation ou même de reconstruction de chaussée .

III.1/Les dégradations des chaussées :

les dégradations superficielles et les dégradations structurales. Les premières apparaissent dans le revêtement en lui affectant ses qualités superficielles alors

que les dégradations structurales se manifestent au sein de la structure de la chaussée ou dans son sol support (LCPC, 1998). Les dégradations structurales les plus importantes et les plus préjudiciables pour la structure de la chaussée sont la fissuration et l'orniérage (SETRA, 1994; St-Laurent, 1995). En outre, l'analyse et le dimensionnement des chaussées se basent sur l'évaluation de ces dégradations (NCHRP, 2004).

IV.2/Fissuration par fatigue

La fatigue est l'un des principaux modes de dégradation des chaussées bitumineuses. Ce mode d'endommagement conduit à l'apparition et la croissance des fissures engendrées par la répétition d'un grand nombre de sollicitations (Priest & Timm, 2006). En effet, le passage des véhicules provoque des contraintes et des déformations à la base de la couche bitumineuse. La répétition de ces efforts engendre l'apparition et la propagation des microfissures qui conduit à l'infiltration de l'eau dans les couches non liées et provoque une détérioration structurale. La déformation horizontale en traction à la base de la couche bitumineuse est utilisée pour évaluer la fissuration par fatigue du bas vers le haut (Huang, 1993).

V.3/Fissuration thermique

Comme on a souligné précédemment la sensibilité des enrobés bitumineux aux variations thermiques, la fissuration thermique est causée par la contraction de l'enrobé. En fait, les sollicitations dues aux changements de température affectent le comportement des matériaux.

et engendrent des contraintes et des déformations au sein du matériau en raison des dilatations-contractions thermiques qui peuvent provoquer et faire se propager des fissures avec les cycles thermiques, surtout à basse température (Lefeuve, 2001). Ce type d'endommagement est souvent rencontré dans les pays

où les conditions climatiques hivernales sont sévères (Baaj, 2012)(5).

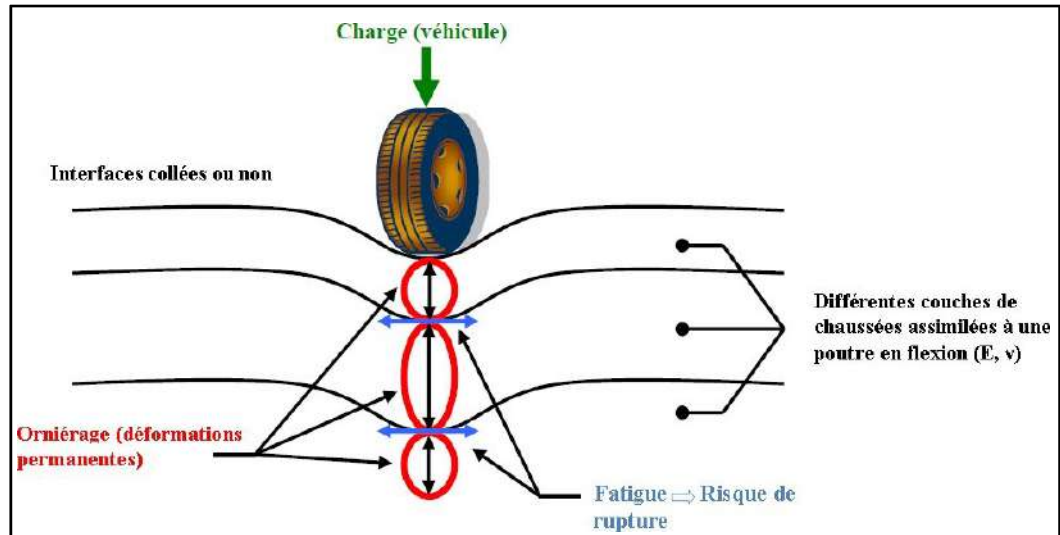


Figure II. 4 Les sollicitations induites par le trafic sur une chaussée bitumineuse adaptée de (Di Benedetto & Corté, 2005)

IV.1/Déformations permanentes (Orniérage)

L'orniérage est l'un des principaux modes de dégradations des chaussées bitumineuses qui entraîne des problèmes de sécurité et de confort au roulement. Lors du passage d'une charge, des efforts de compression et de cisaillement se manifestent dans les couches de la chaussée. Ces efforts créent des déformations permanentes qui s'accumulent et entraînent l'orniérage à la surface de la chaussée. Ce phénomène s'observe, généralement sur les chaussées à fort trafic, sous forme d'une trace permanente sur les pistes des roues .



Chapitre II

Compactage des enrobés

1/Généralités

Les buts visés par le compactage d'un enrobé sont :

- de densifier le matériau au pourcentage de vides optimal afin d'obtenir l'ensemble des propriétés mécaniques désirées du mélange bitumineux et d'assurer la durabilité du revêtement;
 - de sceller la surface en la rendant uniforme afin d'assurer un bon uni avec des caractéristiques d'adhérence compatible avec la sécurité des usagers de la route.
- Lorsqu'un enrobé mis en place à chaud est compacté correctement, le bitume et la fraction fine du mélange forment une matrice dans laquelle les gros granulats sont maintenus.

Pour un enrobé traditionnel, le compactage adéquat se traduit par :

- un resserrement de la matrice granulaire de façon qu'il y ait contact entre les granulats;
- un pourcentage de vides d'environ 5 %, rendant le mélange à la fois stable et plusimperméable à l'air et à l'eau.

Pour assurer un compactage adéquat, il faut prêter une attention particulière au confinement du mélange et à la température de ce dernier. Sur le chantier, le confinement de la partie supérieure de l'enrobé est tributaire de la rigidité de la couche sous-jacente. La densification du mélange s'effectue par le passage des rouleaux, le confinement des côtés est assuré par la portion d'enrobé longeant la section à compacter. Ce mélange environnant doit résister aux pressions sans se déplacer. La résistance au déplacement est directement liée à deux facteurs : la friction entre les granulats et la température du liant. Lorsqu'un mélange contient des granulats à surfaces lisses et arrondies, donc présentant moins de friction intergranulaire, le mélange a tendance à se déplacer sous le poids du rouleau plutôt

qu'à se comprimer. Lorsque le mélange est trop chaud, le liant, trop lubrifiant, ne lie pas suffisamment les granulats; le mélange a aussi tendance à se déplacer sous le poids du rouleau. Lorsqu'il est trop froid, le liant, trop visqueux, ne permet pas de rapprocher les granulats entre eux; le mélange devient presque impossible à densifier adéquatement. Sauf dans des cas particuliers, le compactage ne peut être mené à bien lorsque la température du mélange est inférieure à 85°C. La température la plus propice à un compactage efficace se situe entre 85°C et 150°C à la surface de l'enrobé. Le thermomètre infrarouge est nécessaire, car il indique précisément la température de surface. La température de 85°C étant une température minimale, il convient de commencer la compaction du revêtement à une température plus élevée.(6)



Figure II-1

Rouleaux tandems statiques



FigureII.2 Rouleau pneumatique



Figure II.3 Rouleau muni de jupes



FigureII.4 Rouleau à vibrations verticales

pour laisser suffisamment de temps aux rouleaux de terminer le travail. Ces températures peuvent varier légèrement selon la classe de bitume utilisée (voir la section 4.3). Il est préférable d'utiliser les enrobés dont la température se situe le plus près possible de l'optimum, puisque le bitume devient plus fluide. Il possède alors les propriétés de lubrification qui permettent le compactage du mélange.

En résumé, le compactage vise à bien densifier le mélange, à réduire la proportion de vides et à obtenir une surface de roulement uniforme. Compacter le mélange adéquatement, à une température appropriée permet d'atteindre ces objectifs.

2/ Les rouleaux

Il existe fondamentalement deux types de rouleaux : les rouleaux statiques et les rouleaux dynamiques ou vibrants.

2.1/ Les rouleaux statiques

Parmi les rouleaux statiques, on trouve les tandems (figure II.1) et les tridems, tous deux à cylindres d'acier, et les rouleaux pneumatiques (figure II.2). C'est par la pression exercée par le rouleau sur la couche d'enrobé qu'on obtient le compactage.

Les rouleaux en acier lisses sont surtout destinés à aplanir plutôt qu'à compacter. Ils régularisent le profil en travers et peuvent compacter des couches minces d'enrobé. Ils servent également à « pincer » les joints. Les facteurs influençant leur efficacité sont le diamètre des cylindres, la charge par unité de largeur et la vitesse.

Les rouleaux pneumatiques compactent par pression et pétrissage. Plusieurs facteurs influencent leur efficacité : le nombre de pneus, la pression à l'intérieur des pneus, le diamètre des roues, la charge par unité de largeur ainsi que la vitesse. La charge par roue est généralement de 1,5 t à 2,5 t. La pression de gonflage des pneus se situe entre 300 et 900 kPa. Les pneus doivent être bien nettoyés afin d'éviter l'adhésion au revêtement chaud. S'ils sont froids, leur réchauffement est requis. Il est souhaitable, voire nécessaire, d'utiliser des jupes pour conserver les pneus suffisamment chauds (figure II.3).

Constituées généralement de tapis de caoutchouc ou parfois de toiles, les jupes couvrent l'ensemble des pneumatiques du rouleau et permettent de mieux en conserver la chaleur.

3/ Les rouleaux à vibrations verticales et les rouleaux à oscillations ou vibrations horizontales

Les rouleaux à vibrations verticales (figure II.4) à un ou deux cylindres d'acier sont munis de masses rotatives à l'intérieur des cylindres. Ces masses en mouvement transmettent des

vibrations aux cylindres, produisant ainsi une force dynamique qui, s'ajoutant à la masse de l'appareil, augmente la capacité de compactage. Les vibrations dirigées verticalement permettent de réduire le frottement entre les granulats en stimulant l'action de la partie mastic, soit le granulat fin et le bitume, entre les gros granulats facilitant ainsi le compactage. Leur efficacité

est fonction du poids suspendu par l'unité de largeur, de la fréquence de vibration et de la vitesse.

Un autre type de rouleau est celui à oscillations ou vibrations horizontales (figure II.5). Lors du compactage, les cylindres se trouvent en contact constant avec le sol. À l'inverse des cylindres à vibrations, ils sont équipés de deux axes balourds à rotation synchrone. Ce dispositif permet le déplacement du cylindre en un mouvement inversant avant-arrière par une rotation simultanée. Le compactage par oscillation est obtenu

par le propre poids du rouleau et par les forces tangentielles de cisaillement et non par des vibrations dirigées verticalement et des secousses dans le sol comme pour le système à vibration.

Conformément aux différents principes de compactage, les rouleaux à oscillations transmettent seulement environ 15 % des vibrations produites normalement par les rouleaux à vibrations. C'est pourquoi on peut utiliser des rouleaux et des compacteurs à oscillations très près de bâtiments sensibles aux vibrations et sur des canalisations. Ces machines compactent aussi tous les autres types de



Figure II.5

Rouleau à oscillations

de réduire le frottement entre les granulats en stimulant l'action de la partie mastic, soit le granulat fin et le bitume, entre les gros granulats facilitant ainsi le compactage. Leur efficacité

est fonction du poids suspendu par l'unité de largeur, de la fréquence de vibration et de la vitesse.

Un autre type de rouleau est celui à oscillations ou vibrations horizontales (figure II.5). Lors du compactage, les cylindres se trouvent en contact constant avec le sol. À l'inverse des cylindres à vibrations, ils sont équipés de deux axes balourds à rotation synchrone. Ce dispositif permet le déplacement du cylindre en un mouvement inversant avant-arrière par une rotation simultanée. Le compactage par oscillation est obtenu

par le propre poids du rouleau et par les forces tangentielles de cisaillement et non par des vibrations dirigées verticalement et des secousses dans le sol comme pour le système à vibration.

Conformément aux différents principes de compactage, les rouleaux à oscillations transmettent seulement environ 15 % des vibrations produites normalement par les rouleaux à vibrations. C'est pourquoi on peut utiliser des rouleaux et des compacteurs à oscillations très près de bâtiments sensibles aux vibrations et sur des canalisations. Ces machines compactent aussi tous les autres types de support dits normaux.

On trouve actuellement un troisième type de rouleau vibrant, soit le rouleau pneumatique vibrant. Ce type de rouleau améliore l'efficacité des rouleaux pneumatiques. Cependant, il s'agit d'un tout nouveau type de rouleau compacteur dont l'utilisation demeure marginale pour le moment.

4/ Les rouleaux mixtes

Le rouleau mixte (figure 5-6) équivaut à un couple formé d'un monocylindre et d'un rouleau à pneus. Ils allient les avantages de la vibration à ceux des compacteurs à pneus. Les



rouleaux mixtes sont normalement utilisés sur des revêtements d'épaisseurs de 60 mm et moins.

(FigureII.6) Rouleau mixte

5/ Le compactage

Les enrobés bitumineux doivent être compactés immédiatement après leur mise en place afin de s'assurer que le bitume ait la viscosité idéale pour faciliter le travail. Les rouleaux compacteurs doivent commencer le compactage le plus tôt possible après la mise en place par le finisseur. Ils doivent être manœuvrés avec attention pour assurer une surface lisse et un bon uni. (6)

Les enrobés ne se comportent pas tous de la même manière durant le compactage. Le comportement au compactage est influencé par la granularité, la forme des granulats, la classe de bitume, la teneur en bitume de l'enrobé, la température ambiante, celle de l'enrobé et celle de la surface à recouvrir, la teneur en eau des granulats, l'épaisseur de mise en place, le confinement du mélange et les conditions de la fondation granulaire. La performance de l'équipement de compactage doit être pris aussi en considération.

Il faut effectuer fréquemment des planches d'essais pour déterminer un bon patron de compactage. L'utilisation d'un rouleau compacteur approprié optimisera le nombre de passes requises et favorisera une compacité uniforme conduisant à un revêtement plus performant.

Le compactage se fait généralement en trois étapes : le compactage initial, le compactage intermédiaire et le compactage final. Le compactage initial suit directement le finisseur, le compactage intermédiaire vient ensuite. Le compactage final sert à effacer les traces laissées par le compactage précédent. Divers types de rouleaux sont utilisés pour la réalisation du compactage. Si la compacité minimale requise n'est pas obtenue à la fin du processus de compactage, la circulation pourra causer des déformations et de l'orniérage sur le revêtement.

5.1/ Le compactage initial

Le compactage initial peut être effectué avec un rouleau pneumatique ou un rouleau vibrant double bille. Le rouleau vibrant peut être utilisé en mode statique. Le compactage initial sert à assurer au revêtement une compacité minimale pour garantir une excellente performance sous l'effet de la circulation par la suite.

Généralement, la compacité après le compactage initial est supérieure à 89 % de la densité maximale de l'enrobé.

Le rouleau ou les pneumatiques directionnels doivent être situés du côté du finisseur. Le rouleau directionnel crée souvent du déplacement dans le revêtement. Le rouleau arrière effacera ces marques par la suite. Le déplacement de l'enrobé conduit parfois à de microfissures transversales qui réduisent l'imperméabilité et qui conduisent à une durabilité moindre du revêtement (voir figure II-3 à la partie 9).

Le compactage initial doit s'effectuer à la température de l'enrobé la plus élevée possible, soit celle qui supportera le poids du rouleau sans causer des déplacements excessifs de la surface. Selon la classe de bitume utilisée, cette température peut être près de 150°C. À cette température, la viscosité faible du bitume permet de mieux placer les granulats, conduisant

ainsi à une compacité plus élevée. À mesure que la surface refroidit, la viscosité du bitume augmente et il devient plus difficile d'obtenir une surface suffisamment compactée et imperméable.

5.2/Le compactage intermédiaire

Le but principal du compactage intermédiaire est d'assurer une bonne imperméabilité du revêtement. On peut envisager l'utilisation de rouleaux pneumatiques, mais les rouleaux vibrants double bille sont les plus utilisés. En fait, les dernières passes des rouleaux utilisés pour le compactage initial servent de compactage intermédiaire.

5.3/Le compactage final

Cette étape sert principalement à effacer les marques laissées sur le revêtement par les étapes précédentes de compactage. Les rouleaux statiques et vibrants peuvent être utilisés. Il faut prendre garde à ne pas surcompacter le revêtement, ce qui peut conduire à un mauvais fini de la surface.

6/La méthode de compactage

Un compactage inadéquat est souvent le résultat d'une mauvaise méthode de travail. Une méthode ou une séquence de cylindrage bien conçue assure un compactage conforme et uniforme. La meilleure façon d'établir un plan de cylindrage adéquat consiste à faire une planche d'essai où le degré de compaction est vérifié à l'aide d'un nucléodensimètre.

Avant de procéder au cylindrage, et quel que soit le type de rouleau, il est important d'y aller par étapes :

Déterminer le nombre de passes requises pour couvrir complètement la surface du revêtement.

Établir le nombre de fois que cette première étape doit être répétée.

S'assurer que le mélange est cylindré à une température convenable.

Fixer la vitesse du rouleau.

Afin de déterminer le nombre de passes requises pour compacter complètement la surface du revêtement, le rapport est calculé entre la largeur du rouleau (en tenant compte d'un

chevauchement nécessaire de 150 mm) et la pleine largeur du revêtement. Ainsi, la largeur du revêtement divisée par la largeur du rouleau moins 150 mm donne le nombre de passes. Il arrive souvent qu'il y ait une couronne au centre de la voie. Dans ce cas, le calcul est effectué pour chaque côté. Lorsque la couche est épaisse, soit plus de 50 mm, et qu'il n'y a pas de possibilité de confinement (en raison de l'absence de bordures ou d'un revêtement adjacent), la première passe est réalisée à 300 mm du bord intérieur

du revêtement, pour éviter le déplacement latéral du mélange.

Il est important de procéder au cylindrage initial sur toute la largeur du revêtement dès que l'enrobé est répandu, avant qu'il n'ait eu le temps de refroidir. Le cylindrage débute par le côté le plus bas de la chaussée. À cet endroit, le rouleau ne doit pas déborder

de plus de 50 mm de la bordure extérieure du revêtement. Le nombre de passes supplémentaires pour obtenir le degré de compacité exigé est ensuite établi. Pour ce faire, l'utilisation d'un nucléodensimètre est essentielle.

L'exemple présenté à la figure II.7 montre que le degré de densité exigé a été atteint après deux passes. Remarquez que les passes subséquentes augmentent peu le degré de compacité.

Lorsque le mélange est exagérément cylindré, on observe une diminution du degré de compacité après la cinquième passe.

Cette perte de compacité peut se produire, quel que soit le type de rouleau utilisé. Toutefois, un rouleau vibrant permet d'atteindre le degré de compacité exigé en moins de passes; conséquemment, le seuil de « décompactage » risque d'être atteint plus rapidement



Figure II.8 arrêt de compaction en obliquant

Dans les phases d'inversion de marche, le freinage des compacteurs doit être compatible avec le respect de l'uni. Des accélérations et des décélérations progressives sont indiquées. L'inversion de marche du compacteur s'effectue en obliquant et la vibration est arrêtée (figure II.8). Les manœuvres de changements de bande sont toujours effectuées sur la partie la plus froide de l'enrobé. Le recouvrement de compactage entre deux bandes adjacentes doit être au moins de 150 à 200 mm.

Sur les fortes pentes et dans le cas où le compacteur dispose d'un seul essieu moteur, le compactage est effectué avec l'essieu moteur orienté au bas de la pente.

Lors du cylindrage le long d'une bordure à l'aide d'un rouleau à pneus multiples, la partie la plus large du rouleau doit se situer à l'avant. Ainsi, l'opérateur n'a pas besoin de regarder par-dessus son épaule pour s'assurer de ne pas monter sur la bordure.

Sur les structures, seul le mode sans vibration doit être utilisé. Également, il faut s'assurer de ne pas dépasser les charges admissibles.

7/Le temps de compactage

Cette section traite des enrobés à chauds traditionnels. Il existe d'autres types d'enrobés, comme les enrobés tièdes dont l'utilisation se fait à des températures de 30°C inférieures à celles utilisées pour les enrobés traditionnels. Leur utilisation demeure marginale et les indications qui suivent devront être adaptées à ces nouveaux enrobés, le cas échéant.

Le temps disponible pour compacter adéquatement une couche d'enrobé traditionnel est fonction principalement de la température à la livraison au chantier et du taux de refroidissement du mélange. Les températures maximales et minimales de compactage varient respectivement de 120°C à 140°C et de 80°C à 90°C selon le type de bitume.

Ces températures limites ont été établies en considérant les variations de viscosité des bitumes selon la température et leurs effets sur la maniabilité des enrobés. Le tableau II.1 montre des températures typiques de surface pour le compactage des enrobés. L'usage de thermomètre infrarouge est idéal pour mesurer les surfaces d'enrobé. Les températures de

compactage peuvent être différentes de celles du tableau II.1 selon les types d'enrobés utilisés et les modifiants incorporés au bitume. Les certificats de livraison du bitume fourni par les fournisseurs de bitume indiquent également les températures d'utilisation du bitume qui doivent être suivies préférentiellement à celles indiquées au tableau II.1 de la page suivante. En général, l'enrobé est livré au chantier à une température d'environ 160°C. En pratique, la période d'attente nécessaire pour commencer le compactage varie selon la température de l'enrobé à la livraison et la cadence de mise en place.

Classe de bitume	Température de la surface au début de compactage (°C)	Température de la surface à la fin de compactage (°C)
PG 52-34	120	80
PG 52-40	120	80
PG 58-28	120	80
PG 58-34	125	85
PG 58-40	130	85
PG 64-28	130	85
PG 64-34	140	90
PG 70-28	140	90
PG 70-34	140	90

Figure II. 1 températures de compactage selon la classe de bitume

Généralement, la température de l'enrobé à l'arrière du finisseur est adéquate pour commencer le compactage. Par la suite, l'enrobé se refroidit selon la température ambiante, l'épaisseur du revêtement et les conditions climatiques pour atteindre la température minimale de compactage. Le temps écoulé entre le moment de la livraison et cette température de fin de compactage peut être vérifié sur le chantier. Les limites de temps recommandées en fonction des épaisseurs mises en place sont présentées dans le tableau 5-2. On y trouve différents cas de températures et différentes conditions météorologiques. Cet outil permet également de dissocier la limite de temps pour trois groupes de bitumes. Le premier groupe comprend les bitumes de classes PG 52-34, PG

52-40 et PG 58-28; le deuxième, les bitumes de classes PG 58-34, PG 58-40 et PG 64-28; le troisième, les bitumes de classes PG 64-34, PG 70-28 et PG 70-34.

On estime en pratique qu'une période de temps de compactage inférieure à 10 minutes est insuffisante pour atteindre les objectifs de compacité et qu'une période minimale de compactage de 20 minutes est réaliste et souhaitable. Dans la plage de 10 à 20 minutes, on juge que des moyens additionnels (par exemple, l'ajout d'un compacteur) doivent être envisagés afin de satisfaire aux exigences de compactage.

Les périodes limites de compactage des enrobés bitumineux ont été établies à l'aide du logiciel MultiCool 4 en considérant une température d'enrobé à la livraison de 160°C en posant l'hypothèse que la température de la surface est égale à celle de l'air. Le tableau II.2 est également valable pour des conditions de vents n'excédant pas une vitesse de 30 km/h. Pour des conditions particulières non comprises dans ce tableau, il est recommandé d'effectuer des simulations à l'aide du logiciel MultiCool pour connaître la période limite de compactage à appliquer.

7.1/La fin du compactage et l'entretien des rouleaux

Aussitôt que le cylindrage d'une section est terminé, le rouleau est immobilisé sur une section déjà refroidie. S'il s'agit d'un rouleau à cylindre d'acier, il faut, avant d'entreprendre une nouvelle section de cylindrage, faire marche arrière sur une distance équivalant à la longueur complète du rouleau, afin d'humecter les cylindres avant de s'avancer sur la couche fraîchement mis en place.

Pour obtenir un travail de qualité, l'état du rouleau est de première importance. L'inspection et l'entretien selon les recommandations du fabricant s'imposent. De plus, des vérifications quotidiennes sont nécessaires. Il faut s'assurer du bon état des racloirs et du bon fonctionnement de la rampe d'aspersion. Les racloirs et les tapis-brosses doivent être correctement ajustés. Les gicleurs sont dégagés et bien dirigés vers la surface des rouleaux. La surface des cylindres et des pneus est exempte d'huile et de graisse.

La pression des pneus d'un rouleau doit être vérifiée tous les jours. Elle ne doit pas varier de plus de 35 kPa entre le pneu le plus dur et le pneu le plus mou. Une pression uniforme est garante d'un compactage uniforme. Pour éviter que le mélange ne colle aux pneus, il faut réchauffer ces derniers. Tant que les pneus ne sont pas suffisamment réchauffés, ce sont les grattoirs qui se chargent du nettoyage. Attention : l'aspersion d'eau et de solvants a pour effet de refroidir les pneus. L'usage de jupes est recommandé pour conserver la chaleur des pneus.(6)

Les compacteurs ne doivent pas rester arrêtés sur un enrobé encore chaud; ils doivent se garer en dehors des surfaces d'enrobé encore chaudes. Comme pour tout équipement de chantier, le nettoyage de l'équipement doit s'effectuer à l'extérieur des travaux, dans un endroit qui ne nuit pas à la qualité des travaux en cours.

La circulation doit être autorisée seulement lorsque la température de la masse de l'enrobé est inférieure à 45°C. Une température plus élevée peut conduire à la formation d'ornières de fluage ou à du postcompactage causé par les véhicules lourds.

8/La confection des joints

8.1/Généralités

Les joints de construction sont inévitables. Ils peuvent être à l'origine de plusieurs dégradations de la chaussée. Ils doivent donc être réalisés soigneusement pour assurer la durabilité du revêtement et maintenir le confort de roulement. Il existe deux types de joints. Le premier type est le joint transversal qui est créé par un arrêt du finisseur d'une quinzaine de minutes ou plus. Les joints de début ou de fin de travaux, ou de fin de contrat, sont également des joints transversaux. Le second type est le joint longitudinal entre deux travées adjacentes.

Une couche de roulement en enrobé peut être mise en place directement sur l'ancienne couche de roulement; elle constitue alors un renforcement de la chaussée. La nouvelle couche d'enrobé peut aussi remplacer l'enrobé existant à un endroit où a été effectué un

planage d'une épaisseur égale à l'épaisseur de la nouvelle couche. La façon de faire un joint est différente dans les deux cas.(7)

8.2/Les joints transversaux

8.2.1/Les joints de début ou de fin de travaux

Les deux méthodes suivantes de fabrication des joints de début ou de fin de travaux s'appliquent à la mise en place d'une nouvelle couche de roulement sur l'ancienne couche. La première méthode consiste à réaliser une engravure dans le revêtement à recouvrir. Elle permet de commencer à mettre en place l'enrobé d'une épaisseur égale à celle qui est exigée sur toute la longueur des travaux. Elle assure une compacité adéquate du revêtement et minimise les risques de ségrégation.

Le joint ainsi construit permet de maintenir le confort des usagers en plus d'être durable. La

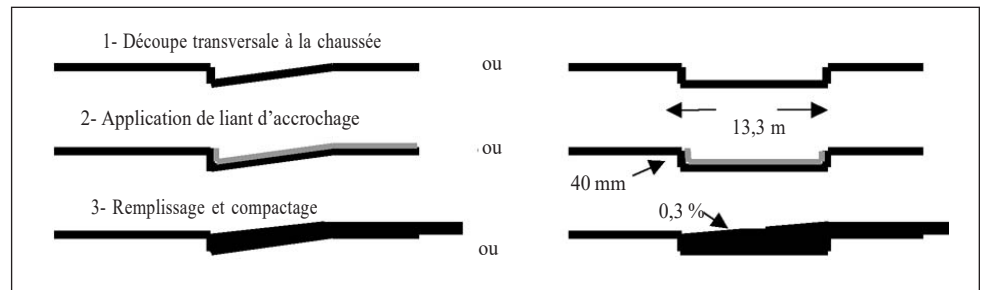


figure II.10 Engravures

l'engravure sur une autoroute est acceptable, soit une engravure de 13,3 m de longueur sur une épaisseur de 40 mm d'enrobé. Une pente plus élevée est admissible sur les routes où la limite de vitesse est moins élevée.

La deuxième méthode consiste à commencer la mise en place de l'enrobé avec la table du finisseur à une épaisseur nulle (joint en sifflet ou biseauté). Cette méthode est à proscrire, quel que soit le type d'enrobé. Elle est la cause de l'arrachement de la surface de l'enrobé sur quelques mètres, causant une texture non uniforme et un inconfort pour les usagers. Ce type de joint est plus sensible à la dégradation et donne une mauvaise apparence au revêtement.

Si ce type de joint est tout de même réalisé, pour bien le réussir, il faut d'abord que la pente elle-même soit bien faite. Le finisseur doit être complètement immobilisé, les vis sans fin remplies d'enrobé, le lisseur en position de plongée. Au départ du finisseur, l'épaisseur de la couche est presque à zéro sur une longueur d'environ 40 cm. Les quantités restantes sont épandues sur une distance de 4 à 6 m.

À la reprise (le lendemain ou au cours des jours suivants), à l'aide de la règle de trois mètres, on marque à l'aide d'une craie le haut de la pente, et le badigeonnage avec un balai ou l'épandeuse à liant d'accrochage est exécuté.

La réussite d'un joint est directement liée aux opérateurs des vis qui contrôlent l'épaisseur. Que le départ soit trop haut ou trop bas, on doit se servir du finisseur pour enlever ou remettre de l'enrobé, et travailler le joint sur la partie chaude. Quand on recule la machinerie sur le pavage froid pour réussir un joint avec un départ trop haut, en plus d'une grande dépense d'énergie humaine, le résultat visuel laisse souvent à désirer.

8.2.2/ Les joints de fin de journée ou d'arrêt du finisseur

Il existe diverses méthodes pour terminer les travaux en fin de journée ou lors d'un arrêt momentané du finisseur, aussi bien dans le cas de la mise en place d'une nouvelle couche d'enrobé sur l'ancienne couche que dans le cas de la mise en place d'une nouvelle couche après planage. Le but est d'obtenir un joint transversal peu apparent au moment de la reprise des travaux. Une des méthodes consiste à épandre du sable sur la chaussée à l'endroit où l'on désire terminer les travaux et à terminer la mise en place par une couche d'une épaisseur nulle

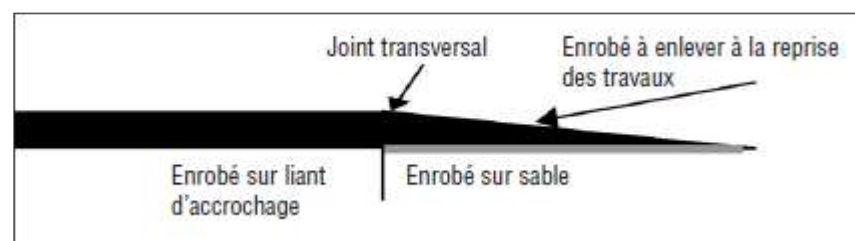


Figure II.11 Fin de travaux temporaire

À la reprise des travaux, on coupe l'enrobé sur l'emplacement du joint (figure II.11), on enlève l'enrobé mis en place sur le sable (qui l'a empêché de coller), on nettoie la surface, on épand du liant d'accrochage et on reprend la mise en place de l'enrobé où on l'avait arrêtée. Le sable peut être remplacé par du papier ou du carton. Un madrier de bois peut être placé transversalement à l'endroit où le joint est fait. Cette méthode ne peut pas être utilisée si la circulation est permise sur la surface où se trouve le madrier. Au début des travaux de mise en place, la table du finisseur devrait être placée sur des cales d'une épaisseur égale au revêtement pour assurer un uni conforme.

Avant de procéder, il est bon de préciser que le lisseur doit être très chaud avant de faire avancer le finisseur, sinon la table plonge et le fini de surface laisse à désirer. On doit alors tout recommencer.

En ce qui concerne les joints de départ, il faut faire une distinction entre le début et la continuité d'un ouvrage.

Que ce soit sur le gravier ou sur l'asphalte, au début d'un ouvrage, la table du finisseur doit être assise sur des blocs de bois dont l'épaisseur est fonction de la couche à mettre en place. Cela est important pour un départ réussi. La table porte sur le mélange, avec des pièces de bois le mélange s'infiltré sous le lisseur et facilite l'uniformité de l'épaisseur au démarrage.

Sur l'asphalte existant, on devra porter une attention particulière à la pose du liant d'accrochage sur une largeur minimale de 400 mm. Il doit être posé uniformément et selon le taux de pose prescrit. L'usage d'un balai pour s'assurer de la présence du liant sur toute la surface peut s'avérer nécessaire.

Lorsque deux couches d'enrobé ou plus doivent être raccordées à un revêtement existant, le planage transversal doit être exécuté en échelon. Des dessins techniques sont illustrés dans le Tome II - Construction routière, chapitre 2, « Structures de chaussée » (collection Normes – Ouvrages routiers du ministère des Transports).

Le raclage au joint transversal

Un joint transversal bien réalisé nécessite un minimum de raclage. Lorsque le finisseur démarre sur des blocs de bois et si l'épaisseur du matériau demeure constante, l'épaisseur compactée au joint sera adéquate. Il n'y aura alors que très peu de raclage à effectuer. Souvent, trop de raclage est effectué sur les joints. Les racleurs ont tendance à enlever du matériau pour l'égaliser avec la surface adjacente compactée. Il résulte une dépression au joint après compactage du joint.



Figure II.12 Reprise des travaux

8.2.3/Le compactage des joints transversaux

Le compactage des joints transversaux devrait se faire transversalement. Cela signifie que les rouleaux compacteront transversalement à la route. Par conséquent, sur les bords du revêtement, des pièces de bois seront requises pour empêcher le rouleau d'écraser l'enrobé sur les bords, car il n'est pas confiné à ces endroits. L'utilisation de pièces de bois est parfois problématique lorsque des garde-fous sont présents. Également, lorsqu'il y a circulation sur une surface adjacente, le compactage transversal est problématique. Il faut alors arrêter la circulation au moment du compactage du joint.

9/La mesure de l'uni des joints transversaux

Pour les couches de surface, aucune irrégularité ou dépression ne doit excéder 5 millimètres dans 3 mètres. Une poutre rigide et un mesureur triangulaire sont utilisés (Figure II.13). Voir la partie 7.4.1 pour l'utilisation de la règle de 3 mètres.



(Figure II.13) Vérification de l'uni avec la règle de 3 mètres

9.1/ Les joints longitudinaux

La mise en place d'enrobé bitumineux est beaucoup plus facile depuis l'arrivée des finisseurs à largeur variable. Les difficultés rencontrées lors de l'asphaltage des surlargeurs, telles les bretelles d'autoroute, n'existent plus. Les joints longitudinaux doivent être parallèles aux lignes du tracé de la route et les joints des différentes couches ne doivent pas se superposer. Les joints longitudinaux de la couche d'usure ou de surface ne doivent pas se trouver sous le passage normal des roues. Ce point est très important, car, même si le joint a été bien fait, il se crée une faiblesse dans l'asphalte et il va se désagréger sous l'effet du trafic.

Les défauts de construction des joints longitudinaux des revêtements bitumineux entraînent des dégradations prématurées des revêtements mis en place en bandes parallèles. Les dégradations se manifestent par les phénomènes de fissuration longitudinale et d'arrachement le long des joints longitudinaux (figure II.14). Les causes de cette détérioration sont : le degré de compacité faible de l'enrobé et la ségrégation de granulats sur et près du joint de construction. Principalement, lors de la réalisation de joints froids, la première bande d'enrobé mise en place présente souvent une compacité faible sur les bords étant donné que l'enrobé n'est pas confiné à ces endroits lors de sa compaction. La deuxième bande présente usuellement une compacité plus élevée sur le bord adjacent à une bande déjà mise en place, car l'enrobé s'y trouve confiné. Cependant, même sur la deuxième bande, la compacité minimale du revêtement n'est pas toujours respectée.



(figure II.14) Joint ouvert

9.2/ Les joints chauds

Pour la réalisation de joints chauds, les finisseurs se suivent en échelon de près de manière que les deux bandes d'enrobé puissent être compactées simultanément (figure II.14).

Comme il manque souvent de l'enrobé au bord des bandes, un chevauchement des bandes sur une largeur de 25 à 40 mm est prescrit. La table doit être en tout temps supportée par l'enrobé chaud directement mis en place.



(figure II.15) Finisseurs en échelon

Le compactage débute au centre des bandes en allant vers le joint longitudinal et les bords de bandes par la suite. La température de l'enrobé à l'extérieur du joint doit être égale ou supérieure à la température minimale requise, en fonction de la classe de bitume.

Un joint froid est réalisé par l'utilisation d'un seul finisseur ou de deux finisseurs se suivant en échelon, mais d'une distance telle que la température de la première bande soit inférieure à 80°C lors de la mise en place de la deuxième bande.

Sur la première bande, le compactage débute au centre de la bande en allant vers les bords. Sur le bord non confiné, les cylindres doivent dépasser la bande de 150 mm lors du compactage. Cette méthode permet d'éliminer la fissuration longitudinale créée près du bord lors du compactage. Si du liant d'accrochage est appliqué sur le bord de la première bande, le badigeonnage du joint doit se faire à l'aide d'un jet pulvérisateur ou d'un balai. Lors de la pose de la deuxième bande, un chevauchement sur une largeur de 25 à 40 mm est prescrit (figure II.15). Éviter le raclage du matériel chevauchant la première bande. La table doit être en tout temps supportée par l'enrobé chaud directement mis en place. Ne jamais faire porter la table sur l'asphaltage adjacent; le joint se détériorera à brève échéance à cause du manque d'enrobé et de compaction. L'épaisseur doit être supérieure de 6 mm pour 25 mm d'enrobé compacté. Par exemple, pour une épaisseur prévue d'enrobé compactée de 50 mm, l'épaisseur mise en place doit être de 62 mm avant compactage .



(figure II.16. Chevauchement des bandes)

10/ Nombre de passes du compacteur

La masse volumique du sol augmente avec une augmentation du nombre de passes, et atteint un maximum. Un trop grand nombre de passes peut avoir pour effet de briser les particules, donc de produire des fines susceptibles d'augmenter la capillarité des matériaux. Ceci a également pour effet de faire augmenter les coûts du compactage.

11/Vitesse du compacteur

Avec les compacteurs vibrants pour un nombre de passes données, la masse volumique sera plus grande avec une faible vitesse. Par contre, si cette vitesse est trop faible, ceci a pour effet de faire augmenter les coûts du compactage.

12/L'épaisseur de la couche compactée

Etant donné que la masse volumique dans une couche compactée de grande épaisseur décroît normalement du haut vers le bas, elle doit être plus élevée en surface qu'à la base. En réduisant l'épaisseur des couches, le surplus de compactage dans la partie supérieure peut être évité ; cette différence est plus appréciable dans les sols cohérents que granulaires (1)

13/Systèmes destinés à éviter le collage de l'enrobé sur les pneumatiques, les cylindres métal- liques ou les plaques

Pour les compacteurs pneumatiques, des jupes suffisamment près du sol assurent le maintien en température. En début de compactage, un produit anti-collage est pulvérisé sur les pneumatiques tant qu'ils n'ont pas atteint une température suffisante. Pour les compacteurs vibrants ou statiques, un système de pulvérisation d'eau est à utiliser en permanence pour maintenir humide, mais sans plus, le bandage métallique (il ne faut pas mouiller l'enrobé). L'attention est attirée sur l'intérêt du bon fonctionnement de ces dispositifs. Une panne sur le système de pulvérisation implique l'arrêt immédiat du rouleau ; pour des raisons de sécurité évidentes et impératives, toute intervention sur le système de pulvérisation doit être effectuée à l'arrêt.

Pour les plaques vibrantes, la pulvérisation d'eau, parfois utilisée, peut être avantageusement remplacée par un revêtement anti-adhésif . (7)



Chapitre III

Sondage des mesures in-situ

Introduction

Dans ce chapitre nous avons procédé le prélevement des mésures de le campacité in situ par l'apparail PQI380. Le prélevant s'effectue sur des points choisis lesquels déjà, On a fournis par des informations préalables.

Cette étude s'est articulée principalement sur :

Un examen visuel de l'itinéraire pour le relevé des différentes dégradations observées.

L'auscultation de l'itinéraire par mesure de déflexions

Les investigations géotechniques

L'analyse et le diagnostic des résultats obtenus à base de cette étude ont permis de proposer des solutions en faisant recours au Appareil PQI 380.

I/Methode et paln de mesure

1/Recherche de mises à jour à l'aide de l'appareil GPS.

2/Installer l'appareil avant mise en mage.

3/Reglage de défferent parmetre(uinte,standausite).

4/prepcercetion pe pt à mesuré .

5/position de mise en marche et lecture nous avons pris le mode de lecture mode (single reading et segregation).

II/ Apeiçu sur l'appareil PQI380

Le modèle PQI 380 d'indicateur de qualité de la chaussée de TransTech utilise une technologie de pointe pour obtenir des lectures précises de la densité de la chaussée en asphalte. Ses principales caractéristiques sont :

- Aucune licence spéciale ou matières radioactives requises
- Léger et facile à utiliser
- 12 heures de fonctionnement portable

- Mesure la densité en unités courantes (lb/ft³ ou kg/m³)
- Détection de l'humidité relative et correction si nécessaire
- Stocke enregistrements infinis

Les types PQI

PQI 200 et PQI380



Option de PQI380

Le PQI 380 est principalement destiné à être utilisé sur des revêtements d'asphalte nouvellement posés avec une épaisseur de levage allant de 0,75 pouces à 6 pouces. L'étalonnage du PQI 380 à une norme de densité (noyau) est très important pour la fiabilité et la cohérence des mesures de densité pour chaque matériau. Sécurité Tous les efforts ont été faits pour rendre le PQI 380 pratique à utiliser et intrinsèquement sûr. Le PQI 380 utilise un courant continu basse tension non nucléaire pour obtenir des mesures. Par conséquent, il n'y a pas de problèmes de badge, de licence, de stockage ou de transport. Comme tout instrument, cependant, l'utilisateur doit faire preuve de prudence et de bon sens dans son utilisation pour éviter les accidents.

III/ Les mesures

Nous vous présentés les résultats en deux façons, la première qui relie la compacité et PL% et la seconde relie compacité et l'état de surface puis nous vous rassemblés les deux façons en une présentation.

Point N°1 Prendre un groupe de points au niveau de chemins wilaya CW204 en utilisant les coordonnées, pour connaître l'état de la déformation de la route.

Point N°2 Prendre un groupe de points au niveau de chemins wilaya CW202 en utilisant les coordonnées, pour connaître l'état de la déformation de la route.

Point N°3 Prendre un groupe de points au niveau de chemins wilaya CC110 en utilisant les coordonnées, pour connaître l'état de la déformation de la route.

Point n°4 prendre un groupe de points au niveau de la route nationale RN56 en utilisant les coordonnées, pour connaître l'état de la déformation de la route.

Point n°5 Prendre un groupe de points au niveau de la route nationale RN51 en utilisant les coordonnées, pour connaître l'état de la déformation de la route.

Point n°6 Prendre un groupe de points au niveau de la route nationale RN49 en utilisant les coordonnées, pour connaître l'état de la déformation de la route.

1/ Compacité – Poids lourd

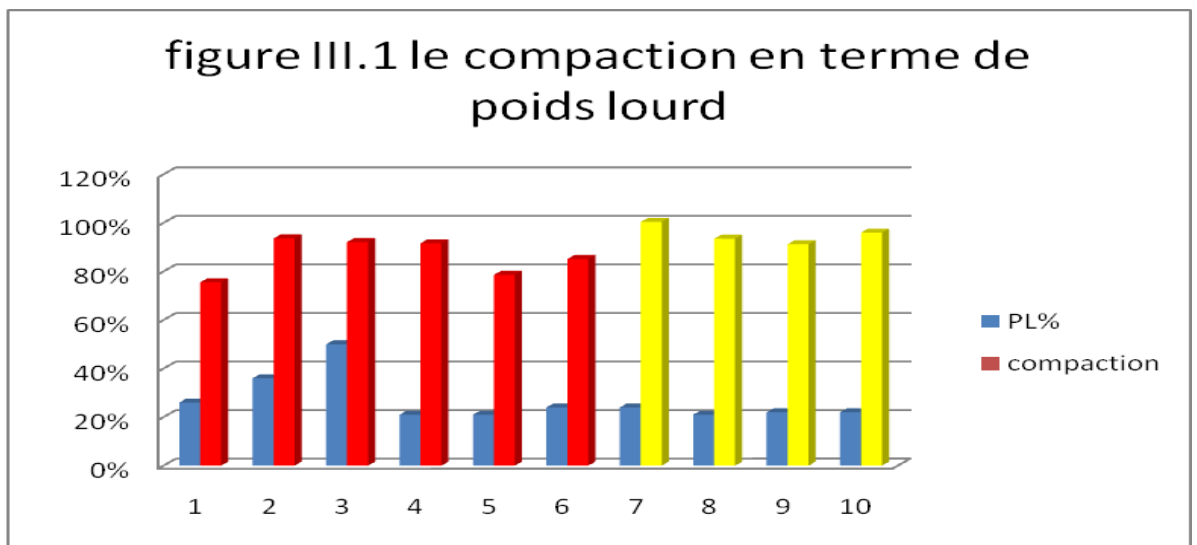
Dans le tableau suivant nous avons présenté les mesures de la compacité et poids lourd.

Tableaux III.1 le mesures le compactité et poids lourd

PT	Density	PL%	Route	Compostion	compaction
PT1	1511	26%	N49	tuf=20cm	76%
PT2	1873,6	36%	N56	GNT=20cm	93,60%
PT3	1843,2	50%	N51	GB=12cm	92,10%
PT4	1947,1	21%	N49	BB=8cm	91,60%
PT5	1943	21%	N49		78,60%
PT6	1835,8	24%	CW204	tuf=20cm	85,10%
PT7	1572,9	24%	CW204	GNT=20cm	100,40%
PT8	1714,2	21%	CC110	BB=8cm	93,50%
PT9	1719,7	22%	CW202		91,20%
PT10	2024,1	22%	CW202		96%

1- Une remarque : On remarque relation de corrélation direct plus la compaction est élevée plus la Densité est élevée.

I.1 Diagram le comaction en terme de poids lourd



2/ Le compactité et etat surface

Dans le tableaux suivant nous avons persenté les mésures reliant la compcité et l’etat de surface de choussée.

Tableaux III. 2 le mesures le compacité et etat de surface.

PT	Density	Etat	Route	compostion	Compaction
PT1	1511	Bon	N49	tuf=20cm	76%
PT2	1873,6	deforme	N56	GNT=20cm	93,60%
PT3	1843,2	Fissure	N51	GB=12cm	92,10%
PT4	1947,1	Bon	N49	BB=8cm	91,60%
PT5	1943	Arrache	N49		78,60%
PT6	1835,8	Fissure	CW204	tuf=20cm	85,10%
PT7	1572,9	Arrache	CW204	GNT=20cm	100,40%
PT8	1714,2	Arrache	CC110	BB=8cm	93,50%
PT9	1719,7	fissuestion	CW202		91,20%
PT10	2024,1	Bon	CW202		96%

2- Une remarque :

On remarque la compaction il no change pas et conserve sa consistence d’origine sous diverses influence trafic.

- Dans le tableau ci-dessces nous avons remaiqué que untaux de compacité tres eleve ne peit pas toujours la performance de la choussée.

3/ Synthese compacité- Poids lor –etat de surface

Dans le tableaux suivant nous avons persenté les mesure de le compcité en fonction poids lourd et etat surface.

Tableaux III .3 le mesures le compacité et poids lourd et etat de surface.

PT	Route	Etat	Compostion	Compaction	PL%
PT1	RN49	Bon	tuf=20cm	76%	26%
PT2	RN56	Deformé	GNT=20cm	93,60%	36%
PT3	RN51	Fissure	GB=12cm	92,10%	50%
PT4	RN49	Bon	BB=8cm	91,60%	21%
PT5	RN49	Arracheé		78,60%	21%
PT6	CW204	Fissure	tuf=20cm	85,10%	24%
PT7	CW204	Arracheé	GNT=20cm	100,40%	24%
PT8	CC110	Arracheé	BB=8cm	93,50%	21%
PT9	CW202	Fissure		91,20%	22%
PT10	CW202	Bon		96%	22%

3- Une remarque :

On remarque que les taux trafic N’affiche pas toujours sur poids lourd.

Conclusion

Les remaiques qu'on peut conclure d'après cette synthese c'est que le comactage des couche de roulement n'évolue pas sous charge de trafic, et maintenir sa consistence initiale.

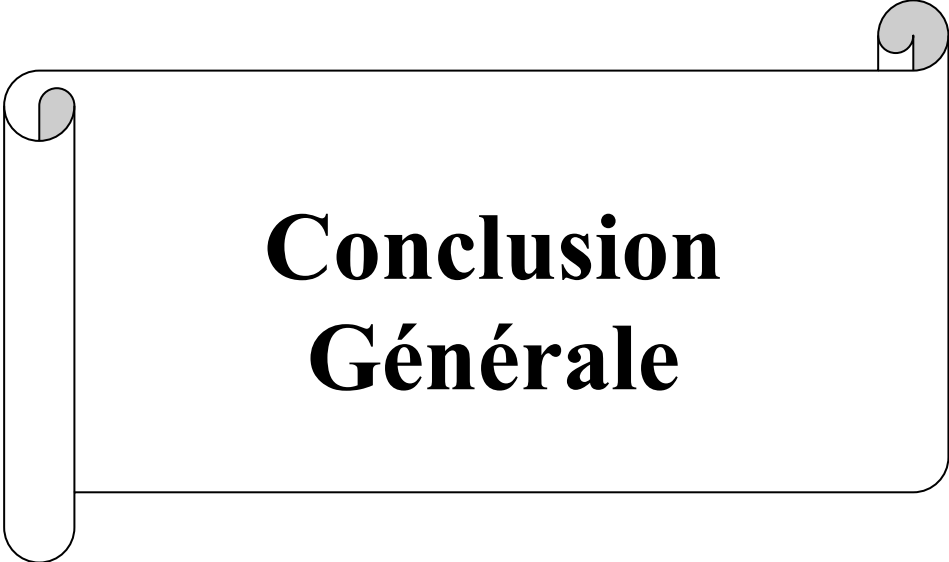
Les routes testées ont supporte des traffics poids differents durout leur poides d'exploitotion ce cossine des degradations de trafic coulé

Les ennomoles relereés ottestent bien les niveaux de coupeates obteus suvont que les reveteueuts sout fissures, deformations, arrache.

En obsceuce de corcteristique gotechniques des eurobés mis eu place les seuls pereméts d'opprecotion sout letoux de poids lourds et les voleurs de coupocités restituées par l'opparil PQI380

Bien que chaque eurobe detieur des deuits de refereuce specifisue et differents les deuistes trtrovreés demeurent le seul ndicoteurs conveuoals et pout cte corrole avec le touxde poids lourds eurepistres.

A le luire des coupacites obleurs nous cousidiros une le eurobes controleés disposent d'une euolureuce coureuebles sont les veleurs de compocits sont compri se entre 90% et 96%hos cette fouchette le eurobes niertent d'etre troites.



Conclusion Générale

Conclusion

Notre travail consiste en les mesures in situ la compacité de couche de roulement et sa relation avec son état de surface

Nous avons commencé le travail par une recherche bibliographique en deux chapitres repartis comme suit :

Dans Le premier chapitre nous avons présente des généralités sur les dégradations des chaussées, afin d'illustrer les difèrent types des dégradations et ses causes probables.

Le deuxieme chapitre méné des cannaissances sur le compactage des enrobé bitumineux en montrent le mécanisme et les moyens de cette compactage.

La partie expérimentale a été traitée dans le troisième chapitre où nous avons procéde les mesures selon les démarches suivantes :

- Détermination les point du pélevemnt des mesures.
- Prise observation de l'état surface des points mesurés
- Fourniture par l'administration consernée les carateristiques mécanique des ces points à savoir la structure de chaussée et le trafic en point lourds
- Elaboré une synthese des relations entre la compacité et les deux autres parametres trafic en poids lourd et l'état de surface de la couche de roulement.

Après avoir collecter les diffentes statistiques à l'aide de l'appareil PQI380

Nous avons tiré les rmarques suivantes :

- La compacité initiale toujours dumeure constante et n'influencé guérement par la charge appliquée.
- L'augmentation du degré de compacité est favorable à certain niveau pour la performance de la couche de roulement

Une forte compacité pourrait être non recommandée pour un bon niveau de service d'une couche de roulement.

Enfin et à travers ce présent travail on peut conclure que l'obtention d'un enrobé bitumineux destinés à la couche de roulement doit formuler sur la base d'une compacité appropriée et conçu de manière très judicieuse afin de garder une bonne performance.

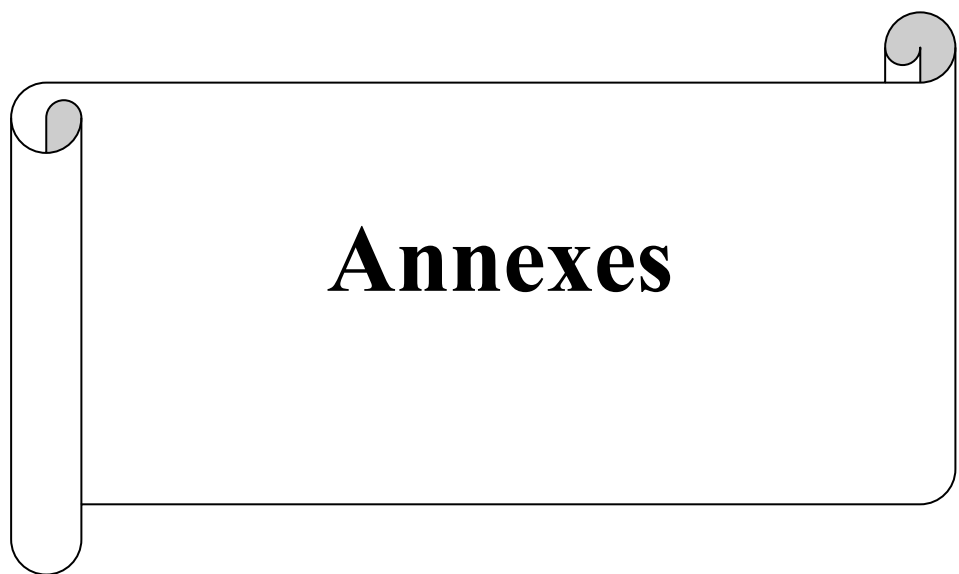




Figure 1 photographie de dégradation



Figure 2 photographie de fissures transversales



Figure 3 photographie de dégradation



Figure 4 photographie des arrachements



Figure AI. 5 photographie de fissures transversales



Figure 6 photographie des arrachements



Figure 6 photographie de faïençage à mailles larges



Figure 8 photographie des arrachements



Figure. 9 photographie bon béton bitumineux de la chaussée



Figure AI. 10 photographie bon béton bitumineux de la chaussée des arrachements



Figure.11 photographie de mesures de la l'appreil



Figure 12 photographie de mesures de la l'appreil



Figure13 photographie de mesures de la l'appreil

**TRAFIC ROUTIER DES CHEMINS DE WILAYA
ARRETE AU 31/12/2020**

CW N°	SECTION			TRAFIC									TJMA Moy	% PL Moy
	PK DEBUT	PK FIN	LON.	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TJMA	PL	% PL		
CW202	0	20	20	2401	1004	655	544	245	205	5064	1659	33%	2528	22
	20	40	20	2363	556	294	145	89	93	3540	621	18%		
	40	60	20	2390	573	288	158	92	98	3599	636	18%		
	60	68	8	2377	569	290	150	77	92	3545	609	17%		
	68	93	25	379	258	17	52	52	34	792	155	20%		
	93	96	3	207	121	17	52	34	34	465	137	29%		
CW204	0	21.2	21.2	9319	2538	1415	1247	1081	41	15641	3784	24%	15641	24
CW205	0	7.5	7.5	576	436	33	470	470	66	2051	1039	51%	2051	51
CW206	0	6	6	12850	7922	2855	422	255	71	24175	3403	14%	20640	22
	6	12	6	9331	2547	1417	2511	1124	166	17116	8218	48%		
CW421	0	2.5	2.5	3783	2089	100	316	20	12	6314	442	7%	6314	7

Tableaux III.3 Trafik routier des chemins de wilaya arrete au 31/12/2020

**TRAFIC ROUTIER DES ROUTES NATIONALES
ARRETE AU 31/12/2020**

Route Nationale	SECTION		TRAFIC										TJMA Moy	% PL Moy
	PK DEBUT	PK FIN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TJMA	VL %	PL	% PL		
RN 049	70	140	11401	6118	780	1002	1004	684	20989	83	3470	17	17605	26
	140	160	9122	6001	814	922	1004	1110	18973	80	3850	20		
	160	173	8100	5200	530	911	1002	1005	16748	79	3448	21		
	173	184	12034	508	138	715	640	713	14748	85	2206	15		
	184	234	1703	5021	118	3592	3245	2888	16567	41	9843	59		
RN 051	0	70	810	601	72	410	420	405	2718	52	1307	48	2425	50
	70	142	501	503	85	301	401	341	2132	47	1128	53		
RN 056	0	65	5935	2113	1082	1737	1389	154	12410	65	4362	35	13606	36
	65	68	6760	2548	1120	1862	2279	233	14802	63	5494	37		

Tableaux III. Trafik routier des routes nationales arrete au 31/12/2020



Réseau routier de wilawa de Ouargla

Tableaux III.6le mesures de l'appareil PQI380

ROUTE		seg regation mode			single reading					
		Low	High	Mean						
route N=49	compction	54%	96,60%	75,50%	102,20%		17605	26%	x=3156,70459	y=516,65558E
	Density	1081,4	1941	1511	2045,5					
	Temprteur	27°	27°	27°	27°					
routeN=56	compction	92,80%	94,10%	93,60%	95,50%	95,40%	13606	36%	x=3155,6280N y=516,59021E	
	Density	1858,5	1883,3	1873,6	1912,5	1909,8				
	Temprteur	27°	27°	27°	27°	27°				
routeN51	compction	91,50%	92,60%	92,10%	94,40%	97,3	2425	50%	x=3155,92995N y=518,17133E	
	Density	1832,9	1853,7	1843,2	1890,8	1948				
	Temprteur	27°	27°	27°	27°	27°				
route= W204	compction	89,80%	94%	91,60%	88,70%	94%	15641	24%	x=3156,5332N y=524,4423E	
	Density	1832,9	1881,7	1835,8	1775,4	1882,2				
	Temprteur	28°	28°	28°	28°	28°				
route= W204	compction	76,40%	80,60%	78,60%	90,50%	90,90%	15641	24%	x=3156,98242N y=524,73242E	
	Density	1529,90%	1641,6	1572,9	1811,3	1839,3				
	Temprteur	28°	28°	28°	28°	28°				
route=cc110	compction	83,10%	88,10%	85,60%	85,10%	86,10%	17605	26%	x=3158,49219N y=524,2597E	
	Density	1665,10%	1763,3	1714,2	1703,6	1724,8				
	Temprteur	28°	28°	28°	28°	28°				
route=N49	compction	95,40%	99,30%	97,20%	100,40%	99%	17605	26%	X=3159,44141N y=521,88812E	
	Density	1909,60%	1987,5	1947,1	2010,1	1983				
	compction	28°	28°	28°	28°	28°				
route=N49	compction	92,30%	101%	97,10%	93,50%	95,90%	17605		3158,95874N y=522,63422E	
	Density	1847,50%	2021,9	1943	1872,4	1921,1				
	compction	28°	28°	28°	28°	28°		26%		
route=cw202	compction	82,50%	92,20%	85,90%	91,20%	89,40%	2528	22%	320,3215332N	Y=519,90771E
	Density	1652	1847	1719,7	1825,3	1790,9				
	compction	28°	28°	28°	28°	28°				
route=cw202	compction	99,8	102,3	101,1	96	101,6	2528	22%	X=320,3216542N	Y=519,90088E
	Density	1998,90%	2048,3	2024,1	1921,7	2034,6				
	compction	28°	28°	28°	28°	28°				



Références

- (1) Association des ingénieurs municipaux du Québec (AIMQ), « Manuel d'identification des dégradations des chaussées souples.» Québec 2002.

- (2) Michel Brodeur,ing Et als ,Manuel d'identification des dégradation des chaussée souples ,Edition et révsiion linguistique Direction des communications ,2002 Canada.

- (3) techno bitume,Numéro 01,bitume québec,juillet 2020 .

- (4) Laboratoire Centrale Des Ponts et Chaussées (LCPC) :catalogue des dégradations de surface des chaussées version1998.

- (5) Amel ferjani,modélisation de la performance à la fissuration des chaussées réhabilitées par les techniques de retraitement type I et type II,école de technolgie supéieue univesrité du québec,version 2020.

- (6) Guide technique sur la mise en place des enrobés bitumineux
Laboratoire des chaussées.II.Québec(Province).Ministè des transport,Québec
canada ,version2009

- (7) Guide technique compactage des enrobés hydrocarbonés à chaud,
Laboratoire Centrale Des Ponts et Chaussées
(LCPC),version juin2003

- (8) SETRA : guide technique de drainage routier, janvier 2009