

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



GC.0546

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
Centre de Thiès

Département de génie civil

PROJET DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

Titre :

**ELABORATION D'UN CATALOGUE DES DEGRADATIONS DES CHAUSSEES AU
SENEGAL**

Auteurs :

Saliou LO

Massamba NDIAYE

Directeur interne : Pr. Ibrahima K. CISSE

Directeur externe : Lamine CISSE, A.A.T.R.

Juillet 2009

DEDICACES

A nos parents, pour nous avoir toujours soutenus dans nos études,

A nos frères et sœurs, toute notre affection,

A toute la famille estudiantine de l'ESP, en souvenir des moments partagés,

Aux nobles enseignants rencontrés durant toute notre formation

A tous ceux qui nous sont chers, vous avez partagé joies et peines.

REMERCIEMENTS

Nos très sincères remerciements vont à l'endroit de :

- *Pr Ibrahima Khalil CISSE, directeur de l'E.P.T., pour sa disponibilité, son encadrement et son soutien continu et la mise à notre disposition de documents de base.*

Vous avez été un professeur exemplaire durant toute la période que vous nous avez enseignée. Pour l'encadrement de ce projet de fin d'étude aussi, vous nous avez fait partager votre expérience enrichissante dans le domaine des routes et vos précieux conseils ont été d'un apport considérable. Nous vous sommes infiniment reconnaissants.

- *A Mr. Lamine CISSE, directeur de l'entretien routier à l'AATR, pour la formulation du sujet, l'aide bibliographique, la supervision de l'étude, et la disponibilité nonobstant les lourdes charges. Nous remercions par la même l'ensemble du personnel de l'A.A.T.R.*

Nos remerciements vont également à l'endroit de :

- *Monsieur Mamadou FAYE, ingénieur, chef d'antenne régionale de l'AATR Thiès et toute son équipe notamment Mr. SENE pour nous avoir accompagnés durant les inspections visuelles.*

Nous ne saurons finir sans rendre un hommage sincère et plus que mérité à l'ensemble du corps professoral pour la qualité de l'enseignement dispensé et la justesse des conseils prodigués, cinq années durant. Vous avez toute notre gratitude.

Enfin nous remercions tous les étudiants avec qui, on a pu partager ce campus durant ces cinq années, dans une atmosphère plus que familiale.

SOMMAIRE

Le but de ce projet était de classifier l'ensemble des dégradations susceptibles d'être rencontrées sur les chaussées au Sénégal afin de mieux cerner leur processus pour pouvoir proposer des solutions d'entretien à chacune d'elles.

La mise en œuvre de ce catalogue devra permettre d'avoir des descriptions intelligibles des dégradations et que dans le domaine de l'entretien des chaussées, les agents chargés des inspections visuelles détaillées aient un langage commun permettant de transmettre ce qui est observé sur la route, et de faire un état des lieux sur les méthodes de quantifications des dégradations utilisées jusqu'ici au Sénégal.

Pour bien mener ce travail, on a procédé à une étude bibliographique approfondie qui nous a permis d'avoir une bonne compréhension des structures de chaussées les plus usuelles, celles qui sont rencontrées au Sénégal, leur mode d'endommagement, pour enfin aboutir à un listing des principales dégradations affectant les chaussées. On a, par la suite, procédé à une confrontation des résultats avec ceux obtenus à partir des inspections sommaires fréquemment effectués et des descentes sur le terrain qu'on a faites pour mieux constater les dégradations décrites dans ce projet.

Ainsi, nous avons pu retenir pour les chaussées à revêtement bitumineux quatre grandes familles de dégradations à savoir les déformations, les fissurations, les arrachements et les mouvements de matériaux. Pour les routes non revêtues, deux grandes familles ont été retenues : les déformations et les arrachements. Chacune de ces familles regroupe plusieurs types de dégradations dont chacune est présentée sous forme de fiche comportant la définition (accompagnée d'une illustration), les causes probables, l'évolution et les remèdes à appliquer pour pallier aux défauts. Une étude de cas a aussi été réalisée pour la région de Thiès où nous avons constaté la plupart des dégradations décrites dans ce présent rapport. Notons aussi que les chaussées en béton ont été traitées, mais dans le cadre purement bibliographique.

Enfin, des recommandations ont été faites sur la nécessité d'élargir les études de cas à d'autres régions, d'adapter les méthodes de quantification à nos réalités afin de prendre en compte certaines dégradations et les différences de classifications. Il serait important aussi de disposer d'un catalogue qui traiterai essentiellement de l'entretien.

Mots clés : catalogue- dégradation- chaussée- quantification- entretien

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Linéaire de routes classées en 2002	4
Tableau I-2 : Linéaire de routes classées en 2005	4
Tableau I-3 : Évolution globale de l'état du réseau routier.....	6
Tableau I-4 Classification du trafic des véhicules par type et par région.....	7
Tableau V.1 : Niveaux de gravité des déformations.....	64
Tableau V.2 : Niveaux de gravité des fissurations.....	64
Tableau V.3 : Niveaux de gravité du faïençage.....	64
Tableau V.4 : Niveaux de gravité des réparations.....	65
Tableau V.5: Niveaux de gravité des nids de poules.....	65
Tableau V.6: Niveaux de gravité des arrachements et mouvements de matériaux	65
Tableau V.7: Mode de calcul des indices de surface.....	67
Tableau V.8: Niveaux de gravité de la tôle ondulée.....	68
Tableau V.9: Niveaux de gravité des déformations.....	68
Tableau V.10: Niveaux de gravité des ravines.....	68
Tableau V.11: Niveaux de gravité des nids de poule.....	69
Tableau V.11 : Liaison entre niveau de gravité d'une dégradation et entretien.....	69

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : Structure du trafic motorisé en 2002.....	7
Figure I-2 : Structure type d'une chaussée.....	8
Figure I-3 : Chaussées souples.....	13
Figure I-4 : Chaussées semi-rigides.....	14
Figure I-5 : Chaussées rigides.....	14
Figure I-6 : Chaussées mixtes.....	15
Figure I-7 : Chaussées inverses.....	15
Figure I-8 : Chaussées bitumineuses épaisses.....	16
Figure III.1 : Schématisation d'un affaissement.....	29
Figure III.2: Affaissement de rive.....	29
Figure III.3: Affaissement hors rives.....	29
Figure III.4: Schématisation d'une ornière.....	31
Figure III.5 Ornière sur la RN3 (Thiès-Diourbel).....	31
Figure III.6: Schématisation d'un bourrelet.....	32
Figure III.7 : Bourrelet.....	32
Figure III.8 Fissure transversale.....	34
Figure III.9 : Fissure longitudinale.....	35
Figure III.10 : Réseau de fissures longitudinales.....	36
Figure III.11 : Début de faïençage	37
Figure III.12 : Faïençage de maille serrée.....	37
Figure III.13 Schématisation Plumage.....	38
Figure III.14 : Schématisation Peignage.....	38
Figure III.15 : Réseau de plumage.....	38
Figure III.16 : Exemple de Pelade (RN2).....	39
Figure III.17 : Glaçage.....	40
Figure III.18 : Indentation.....	40
Figure III.19 : Schématisation nid de poule.....	41
Figure III.20 : Nid de poule sur Notto-bayakh.....	41

Figure III.21 : Schématisation épaufrures.....	43
Figure III.22 : Début d'épaufrures	43
Figure III.23 : Epaufrure de grande ampleur.....	43
Figure III.24: Exemple de réparation	44
Figure III.25 : Réparation dégradée.....	44
Figure III.26 : Schématisation ressuage.....	45
Figure III.27: Ressuage sur la RN3.....	45
Figure III.28 : Ressuage sur la RN3 (bis).....	45
Figure III.29: Remontée d'eau.....	46
Figure III.30: Remontée de boues.....	46
Figure III.31: Réseau de fissures de formes diverses.....	48
Figure III.32: Fissures en coin de dalle.....	48
Figure III.33 : Épaufrure	50
Figure III.34 Exemple de décalage.....	51
Figure III.35 : Pompage.....	52
Figure IV.1: Schématisation d'ornière.....	56
Figure IV.2: Exemple d'ornière sur la route de Fissel.....	56
Figure IV.3: Schématisation de tôle ondulée.....	58
Figure IV.4: Exemple Tôle ondulée	58
Figure IV.5: bournier sur la route Hontorbé-Limite Saint-Louis.....	59
Figure IV.6 : Schématisation du ravinement.....	60
Figure IV.7: Ravinement transversal (Tambacounda).....	60
Figure IV.8 : Nid de poule illustré par la flaqué d'eau.....	61
Figure IV.9 chapelet de nids de poules.....	61
Figure V.1 : diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°1.....	70
Figure V.2 : diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°2.....	71
Figure V.3: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°3.....	71
Figure V.4: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°4.....	72
Figure V.5: diagramme de répartition des dégradations par niveau de gravité N°5.....	73

Figure V.6: diagramme de répartition des dégradations par niveau de gravité N°6.....74
Figure V.7: diagramme de répartition des dégradations par niveau de gravité N°7.....74
Figure V.8: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°8.....76
Figure V.9: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°9.....77
Figure V.10: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°10.....77
Figure V.11: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°11.....78

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

ORGANISMES ROUTIERS

AATR	Agence Autonome des Travaux routiers
ESP	Ecole Supérieure Polytechnique
LCPC	Laboratoire central des Ponts et Chaussées
SETRA	Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

ESSAIS ET GRANDEURS

CBR	indice de portance californien (Californian Bearing Ratio) (%)
d	diamètre des plus petits éléments du matériau
D	diamètre des plus gros éléments du matériau
If	Indice de fissuration
Id	Indice de déformation
Is	Indice de surface
IQS	Indice de qualité structurelle
RR	Route revêtue
RNR	Route non revêtue

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
SOMMAIRE	III
LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES	VIII
TABLE DES MATIERES	IX
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS	3
I.1 Présentation sommaire du réseau routier sénégalais	3
I.1.1. Classification du réseau	3
I.1.2. Répartition du réseau	4
I.1.3. Etat du réseau	5
I.1.4. Le trafic	6
I.2. Généralités sur les types de chaussées	8
I.2.1. Composition structurale d'une chaussée	8
I.2.1.1. Chaussées revêtues	8
I.2.1.2. Cas des chaussées non revêtues	11
I.2.2. Les différents types de chaussée	12
I.2.2.1. Les chaussées revêtues	12
I.2.2.2. Les chaussées non revêtues	16
CHAPITRE II : PROCESSUS DE DEGRADATION DES CHAUSSEES	18
II.1. Les Principales causes des dégradations	18
II.1.1. Les chaussées revêtues	18
II.1.1.1. Le trafic	18
II.1.1.2. Les conditions climatiques	19
II.1.1.3. La qualité des matériaux	19
II.1.1.4. La mise en œuvre	20
II.1.2. Les chaussées non revêtues	20

II.2. Les types de dégradations	21
II.2.1. Les dégradations structurelles (Type A)	21
II.2.2. Les dégradations non structurelles (Type B)	21
II.3. Processus de dégradation par type de chaussée	21
II.3.1. Chaussées revêtues	22
II.3.1.1. Chaussées souples	22
II.3.1.2. Chaussées semi-rigides	23
II.3.1.3. Chaussées rigides	23
II.3.2. Les chaussées non revêtues	24
II.3.2.1. Action des véhicules	24
II.3.2.2. Action de l'eau	25

CHAPITRE III : DEGRADATIONS SUR LES CHAUSSEES REVETUES 27

III.1. Dégradations sur les chaussées à revêtement bitumineux	27
III.1.1. Les déformations	29
III.1.1.1. Les affaissements	29
III.1.1.2. L'orniérage	31
III.1.1.3. Les bourrelets	32
III.1.2. Les fissurations	33
III.1.2.1. Les fissures transversales	33
III.1.2.2. Les fissures longitudinales	35
III.1.2.3. Le faïençage	36
III.1.3. Les arrachements	37
III.1.3.1. Le désenrobage, le plumage et le peignage	37
III.1.3.2. La pelade	39
III.1.3.3. L'indentation et le glaçage	40
III.1.3.4. Les nids de poule	41
III.1.3.5. Les dentelles de rives	42
III.1.3.6. Les réparations	44
III.1.4. Les mouvements de matériaux	45
III.1.4.1. Le ressuage	45
III.1.4.2. Les remontées de fines	46
III.2. Dégradations sur les chaussées en béton	48
III.2.1. Les fissurations	48
III.2.2. Les épaufrures	50
III.2.3. Les décalages de joint (de dalles ou de fissure)	51
III.2.4. Le pompage	52

CHAPITRE IV : DEGRADATIONS SUR LES CHAUSSEES NON REVETUES..... 55

IV.1. Les déformations	56
IV.1.1. Les ornières	56
IV.1.2. La tôle ondulée	57
IV.1.3. Les bourbiers	59
IV.2. Les arrachements	60
IV.2.1. Le ravinement	60
IV.2.3. Les nids de poule	61

CHAPITRE V : ETUDE DES DEGRADATIONS DANS LA REGION DE THIES.....	63
V.1. Généralités sur les procédures d'inspection.....	63
V.1.1. La méthode VIZIR [3].....	64
V.1.2. La méthode VIZIRET [4]	68
V.2. Etude du réseau de la région de Thiès	70
V.2.1. Présentation de la région.....	70
V.2.2. En réseau Revêtu	70
V.2.2.1. Présentation des résultats des tronçons étudiés	70
V.2.2.3. Analyses et commentaires	75
V.2.3. En réseau Non Revêtu	76
V.2.3.1. Présentation des résultats.....	76
V.2.3.2. Analyses et commentaires	79
CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS.....	81
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	83
LISTE DES ANNEXES	84

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures routières de bonne qualité sont un facteur clé de succès pour le développement économique et social de nos pays. La maintenance de ces infrastructures pour lesquelles des investissements importants sont consentis est un défi à relever pour les pays, surtout pour ceux du tiers monde. Pour cela, la maîtrise de leur mode d'évolution et de dégradation est un élément incontournable.

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 urge dès lors d'élaborer un document permettant de recenser l'ensemble des dégradations observées sur les chaussées du Sénégal. C'est dans ce cadre que l'Ecole Supérieure Polytechnique de Thiès en partenariat avec l'Agence Autonome des Travaux Routiers (AATR) a jugé nécessaire d'élaborer un catalogue des dégradations des chaussées au Sénégal.

Ainsi, ce présent projet, qui consiste à établir un catalogue des dégradations, s'inscrit dans la logique de maîtrise du mode de dégradation des chaussées sénégalaises. Aussi, la description précise des défauts d'une chaussée sera incontestablement un des éléments importants à prendre en compte pour définir l'état de la chaussée, établir le diagnostic et choisir la technique d'entretien à mettre en œuvre. Mais cela suppose que ces descriptions soient intelligibles pour tous et en particulier que dans le domaine de l'entretien des chaussées, les agents chargés des inspections visuelles détaillées aient un langage commun permettant de transmettre ce qui est observé sur la route.

Cependant recenser et décrire ne suffisent pas, il convient aussi de classer ces dégradations et d'en apprécier les causes. C'est ainsi que ce catalogue a pour but :

- de donner une définition précise aux différents défauts et les d'illustrer par des exemples photographiques types;
- de présenter les causes les plus probables de ces dégradations
- de présenter leurs modes d'évolution dans le temps et;
- d'indiquer l'objectif d'entretien de chaque type de dégradation.

Pour réaliser le travail demandé, on a procédé à une recherche bibliographique approfondie

afin de recenser de l'ensemble des dégradations aussi bien sur les chaussées revêtues que celles non revêtue. Ces derniers sont ensuite regroupés en famille puis mis dans des fiches types.

Notre mémoire est composé de cinq grands chapitres. Le chapitre 1 parle de l'aspect général du réseau routier sénégalais et de généralités sur la route, le suivant passe en revue le processus général de dégradation des chaussées, le troisième et le quatrième chapitre parlent respectivement des dégradations sur les chaussées revêtues et des chaussées non revêtue. Le cinquième chapitre porte essentiellement sur l'étude statistique de répartition des dégradations sur quelques tronçons dans la région de Thiès.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est de procéder, à travers les informations reçues de la base de données de l'AATR, à une présentation sommaire du réseau routier sénégalais. Nous décrirons le réseau à travers sa classification, sa composition, son état et le trafic. La seconde partie de ce chapitre traitera des généralités sur les types de chaussées en passant par leur composition structurale et les divers types de structures existantes.

I.1 Présentation sommaire du réseau routier sénégalais

Le réseau routier est réparti en réseau classé et en réseau non classé. Les résultats de l'inventaire du réseau routier classé, réalisé en 2002 font état d'un linéaire total classé de 14634 km.

En 2005, le réseau routier du Sénégal était de 14 805 km. Ce réseau comprend 10 000 km de routes non revêtues et 4 805 km de routes revêtues. Lorsqu'on ne tient pas compte des routes qui n'ont jamais fait l'objet d'aménagement (5 786,2 km de routes en terre), ce linéaire passe à 9 018,8 km et est réparti comme suit :

- Routes revêtues : 4 805 km (53,3%)
- Routes en terre : 4 213,8 km (46,7%)

I.1.1. Classification du réseau

La loi n°74-20 du 24 janvier 1974 et l'arrêté ministériel n°15097 du 14 décembre 1985 portant classification du réseau routier national donne une simple classification administrative de ce réseau. Ce classement administratif distingue cinq (5) classes de route :

- les routes nationales (RN) qui assurent les liaisons à grande distance entre plusieurs régions administratives ou avec les Etats limitrophes ;
- les routes régionales (RR) qui assurent la liaison entre différents chefs – lieux de département d'une même région ;
- les routes départementales (RD) qui assurent la liaison entre différents chefs-lieux d'arrondissement ou de communautés rurales à l'intérieur d'un même département;
- les voiries urbaines (VU) qui assurent les liaisons à l'intérieur des centres urbains ;

- les pistes répertoriées (PR) qui relient les routes départementales aux centres de production agricole ;

Le réseau classé est à la charge de l'État, alors que le réseau non classé est à la charge des collectivités locales.

I.1.2. Répartition du réseau

- Le réseau routier est reparti comme suit dans les tableaux I-1 et I-2 :

Catégorie de routes	Réseau total	Routes revêtues		Routes non revêtues	
	(km)	(km)	(%)	(km)	(%)
Routes nationales	3 364	2 857	85%	507	15%
Routes régionales	1 192	563	47%	629	53%
Routes départementales	5 640	813	14%	4 827	86%
Voies urbaines	247	241	98%	6	2%
Pistes répertoriées	4 191	85	2%	4 106	98%
TOTAL	14 634	4 559	31%	10 075	69%

Tableau I-1 : Linéaire de routes classées en 2002 (en km)

Catégorie de routes	Réseau total	Routes revêtues		Routes non revêtues	
	(km)	(km)	(%)	(km)	(%)
Routes nationales	3351,6507	2844,6	59,2%	507	5,1%
Routes régionales	1206,56	606,5	12,6%	600	6,0%
Routes départementales	5667,8781	886,4	18,4%	4 781	47,8%
Voies urbaines	250,2006	244,2	5,1%	6	0,1%
Pistes répertoriées	4198,0106	91,6	1,9%	4 106	41,1%
Routes à classer	131,8	131,8	100%		
TOTAL	14 805	4 805	32%	10 000	68%

Tableau I-2 : Linéaire de routes classées en 2005 (en km)

A travers ces deux tableaux, on note une croissance du réseau classé de 14634 à 14805 Km entre 2002 et 2005 soit une augmentation de 171 Km de routes. Les routes revêtues ont

ainsi connu une croissance de 246 Km au moment où on constate une diminution de 75 Km du réseau de routes non revêtues.

Les investissements consentis par l'Etat pour la construction de nouvelles routes et la réhabilitation d'autres en état de dégradation avancée expliquent en partie la hausse constatée au niveau des routes revêtues. D'autre part, des travaux de bitumages sont souvent effectués permettant ainsi à certaines routes de passer de l'état de chaussée non revêtues à celui de chaussées revêtues. Ceci pourrait expliquer la diminution du réseau non revêtu au profit du réseau revêtu.

I.1.3. Etat du réseau

La politique de récupération du réseau a permis de réhabiliter dans la période 2002-2006 plus de 819,2 km de routes revêtues et 1651,5 km de routes non revêtues.

Le résultat obtenu est que l'état du réseau non revêtu a nettement évolué de 2002 à 2005 du fait d'importants programmes d'entretien périodique et/ou réhabilitation réalisés depuis 2002. En effet, le réseau en bon et moyen état est passé de 14 % à 67.9 % (compte non tenu des routes en terre non aménagées).

Par contre pour les routes revêtues, il y a lieu de noter que celles en bon état sont passées de 20,7 à 37 % soit une progression de 16,3 % même si dans le même temps les routes jugées en moyen état sont passées de 36,4 à 17,7 %.

Les conséquences directes des réalisations faites durant cette période se manifestent par une évolution globale de l'état du réseau qui peut être appréciée comme indiquée dans le tableau I-3 ci-après :

Routes revêtues	Année 2002	Année 2005
Etat Bon	21%	37%
Etat Moyen	36%	18%
Etat Mauvais	43%	45%
Routes en terre	Année	Année
Etat Bon	1%	39%
Etat Moyen	13%	29%
Etat Mauvais	86%	32%

Tableau I-3 : Évolution globale de l'état du réseau routier

On note une nette amélioration de l'état des routes en terre qui est passé de 1 à 39% du réseau en bon état entre 2002 et 2005. Une nette progression est aussi observée dans le réseau bitumé. Cela traduit une réussite des opérations d'entretien effectuées dans le cadre du PERA et du PTG.

I.1.4. Le trafic

Le réseau routier est emprunté tous les jours par plusieurs catégories de véhicules parmi lesquelles il y a :

- Les véhicules particuliers ;
- Les camionnettes et minicars ;
- Cars et autocars ;
- Camionnettes marchandises ;
- Camions à deux essieux ;
- Camions de plus de deux essieux ;
- Ensemble articulé ;
- Voitures hippomobiles ;
- Cycles et motocycles.

Une comparaison des résultats de comptage du trafic entre 1996 et 2002 montre une croissance générale du trafic journalier moyen de 6,3% soit 1,02% par an en moyenne. Le trafic est inférieur à 500 véh/j sur la majorité du réseau. On ne rencontre un trafic supérieur

à 2000 véh/j que sur 10,9% du réseau classé. Dans le tableau I-4 suivant nous avons le récapitulatif de la classification du réseau par type de véhicules et par régions.

Région	Véhicules particuliers	Poids lourds	Circulation motorisée
Thiès	593 073	167 361	1 291 644
Dakar	235 334	72 812	563 580
Diourbel	224 708	66 069	476 345
Saint-louis	132 912	92 038	476 755
Louga	126 552	53 440	318 298
Kaolack	90 470	58 479	298 872
Tamba	84 724	60 356	318 610
Fatick	45 120	31 763	180 816
kolda	28 233	27 927	105 268
Ziguinchor	35 973	32 567	133 684

Tableau I-4 Classification du trafic des véhicules par type et par région

On y constate que les trafics les plus élevés sont observés dans l'axe Ouest-Nord en passant par le centre (régions de Dakar Thiès, Diourbel, Saint-Louis et Louga) avec de fortes proportions de véhicules particuliers. Par contre, la zone Sud et le nord Est du pays enregistrent les plus faibles trafics.

La composition du trafic par type de véhicules est résumée dans le diagramme ci-dessous avec une forte prédominance de voitures particulières et de taxi interurbain.

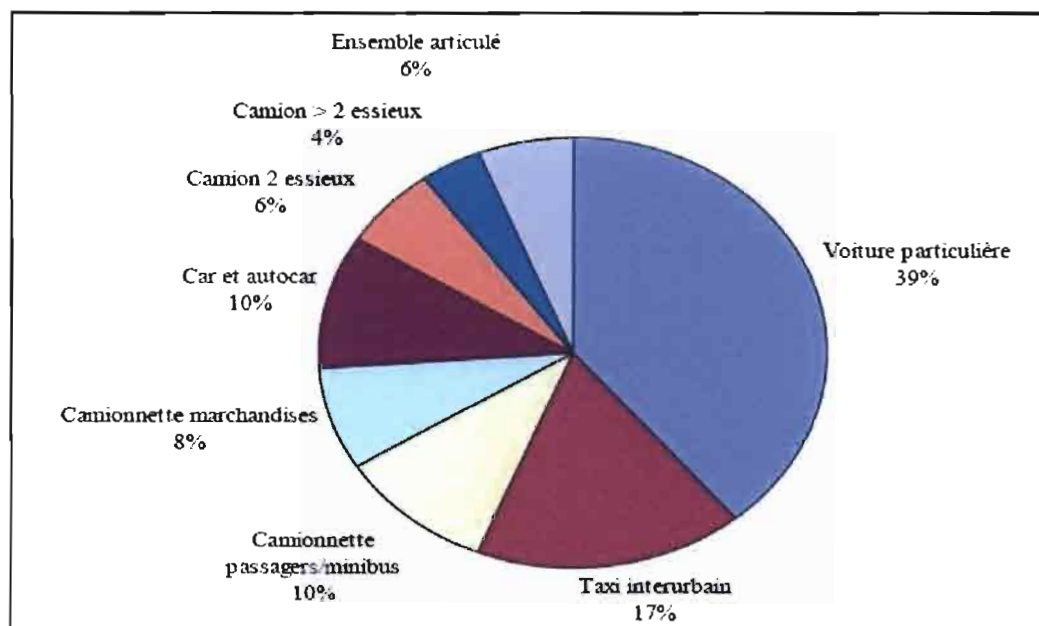


Figure I-1 : Structure du trafic motorisé en 2002

I.2. Généralités sur les types de chaussées

I.2.1. Composition structurale d'une chaussée

I.2.1.1. Chaussées revêtues

En raison du trafic faible souvent enregistré sur les routes africaines en général et sénégalaises en particulier et des difficultés économiques, la structure des chaussées généralement rencontrées est en deux couches : la couche de base et la couche de revêtement. Cependant, depuis quelques années, on note des efforts au niveau des investissements qui se traduisent par l'apparition de structures plus complètes qui comportent en plus des deux couches précitées une troisième voire une quatrième couche : la couche de fondation et la sous-couche.

De façon générale, une chaussée est composée d'une suite de couches de matériaux aux caractéristiques et aux fonctionnalités diverses mises en œuvre sur un support appelé *sol support ou sol de plate-forme*.

La figure I-2 suivante donne la configuration d'une chaussée revêtue type.

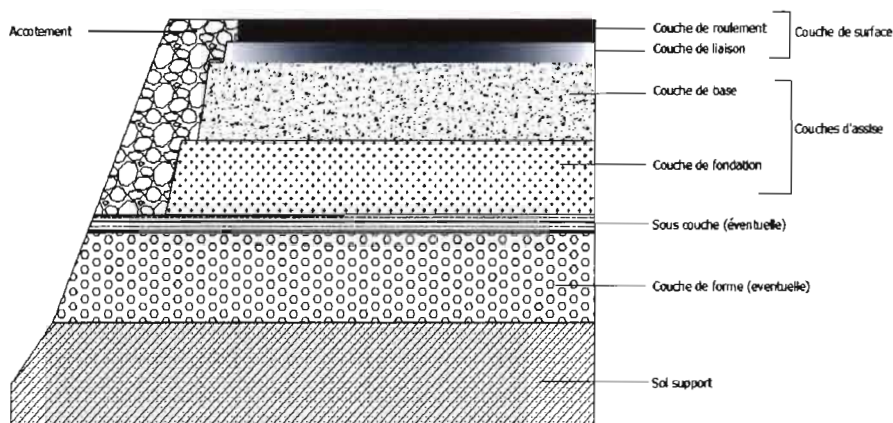


Figure I-2 : Structure type d'une chaussée

a) La plate-forme

Elle est d'une importance capitale car la plupart des méthodes de dimensionnement s'appuient sur la résistance au poinçonnement du sol de plate-forme. Elle est généralement constituée :

- d'un sol support c'est-à-dire le sol terrassé devant recevoir la route et pouvant être en remblai ou en déblai.

- d'une couche de forme (éventuelle). Elle est rattachée aux terrassements dont elle constitue la partie supérieure et n'est mise en place que dans des cas particuliers, notamment pour permettre le passage des engins de chantier (zone marécageuse ou sableuse par exemple) ainsi que le compactage de la couche de fondation (ce qui serait impossible si le sol support était très compressible).

b) La sous-couche

C'est un écran entre les matériaux mis en œuvre dans les terrassements et ceux employés en couche de fondation ou de base lorsque la première n'existe pas. Selon le rôle qu'elle est appelée à jouer, elle est dite *sous-couche anti-contaminante* ou *sous-couche drainante et anti-capillaire*.

- **la sous-couche anti-contaminante** : Elle doit empêcher la remontée des matériaux fins de la plate-forme à travers les vides d'un matériau de fondation à structure ouverte. Elle doit avoir une granularité respectant la règle des filtres vis-à-vis du sol à savoir :

$$D_{15} < 5 d_{85}$$

D_{15} : maille du tamis laissant passer 15 % des matériaux du sol de la sous-couche ;

d_{85} : maille du tamis laissant passer 85 % des matériaux du sol de forme.

- **la sous-couche drainante et anti-capillaire**. Elle doit d'une part, assurer le drainage efficace des couches supérieures de la chaussée et d'autre part, empêcher la remontée capillaire au niveau de la forme des terrassements en présence d'une nappe phréatique ou dans les zones marécageuses. Cette sous-couche est généralement réalisée en sable grossier ou en gravier ; les latérites sont souvent utilisées en Afrique mais d'autres matériaux comme les géotextiles peuvent aussi servir.

c) La couche de fondation

Elle repose directement sur une sous-couche ou sur le sol de plateforme. Elle est généralement absente sur les routes africaines du fait que ces dernières reposent souvent sur des sols de portance qui permettent de s'en passer. Elle est réalisée aux endroits

marécageux ou constitués de sols argileux. En général, seules les plateformes de CBR inférieur à 30 reçoivent une couche de fondation. Celle-ci assure la diffusion des contraintes afin de les ramener à un taux compatible avec la portance du sol de forme. Les matériaux de la couche de fondation doivent être de qualité satisfaisante, sinon on doit recourir à un traitement (amélioration ou stabilisation).

d) La couche de base

Elle repose sur la couche de fondation et constitue avec elle ce qu'on appelle *les couches d'assise*. C'est la couche d'assise la plus proche du revêtement, raison pour laquelle elle reçoit des contraintes et des déformations notables (contraintes verticales de compression importantes et efforts de cisaillement d'autant plus importants que le revêtement est mince) qui font que les matériaux utilisés doivent présenter de meilleures performances mécaniques que ceux utilisés en couche de fondation. Si la couche de base présente une rigidité trop élevée par rapport à celle de la couche de fondation, il se produit un effet de dalle et des contraintes de traction apparaissent au niveau de l'interface base-fondation causant ainsi des fissurations. Ainsi, elle doit avoir un grand indice portant CBR. Le matériau utilisé doit présenter en général un CBR supérieur à 80. Sinon il faudra procéder à un traitement soit avec un liant hydraulique, soit avec un liant hydrocarboné.

e) La couche de surface

La couche de surface ou revêtement de la chaussée permet d'adoucir la surface de roulement, d'assurer la distribution des charges transmises dans la chaussée et dans le sol et de protéger l'assise contre l'action du trafic et des intempéries. La couche de surface est constituée de :

- **la couche de roulement** qui est la couche supérieure de la chaussée directement en contact avec les actions du trafic et du climat. Elle peut être en enduit superficiel (monocouche, bicouche ou multicouche) ou en enrobé (enrobés denses, béton bitumineux);
- **la couche de liaison** qui assure (quand cela est nécessaire) la liaison entre la couche de roulement et l'assise. Elle peut être soit :
 - **une couche d'imprégnation** constituée de liant, généralement en Cut-back ou en bitume fluidifié. Elle doit imperméabiliser la couche de base et lui donner une bonne liaison par adhérence avec la couche sus-jacente.

- **une couche d'accrochage** qui comme son nom l'indique sert à accrocher la couche de surface. Elle élimine ainsi tout risque de glissement à l'interface des deux couches concernées et assure une continuité de l'ensemble. C'est une pellicule de liant de l'ordre de 2 à 3 cm recevant toujours une couche supérieure en enrobé.

Le revêtement doit donc pouvoir dans son ensemble résister aux efforts normaux (poids des véhicules) et aux efforts tangentiels imposés par les pneumatiques (action des roues tournant, freinage). Il doit être aussi étanche que possible, pour protéger le corps de la chaussée contre les infiltrations d'eau et posséder des qualités antidérapantes satisfaisantes.

I.2.1.2. Cas des chaussées non revêtues

Les chaussées non revêtues communément appelées chaussées en terre peuvent être constituées par une ou plusieurs couches de matériaux. On peut trouver de bas en haut, au dessus des terrassements :

- La couche de forme ;
- La sous-couche ;
- La couche de fondation ;
- La couche de base.

Ces différentes couches, à l'exception de la couche de base, jouent respectivement le même rôle que dans les chaussées revêtues. Par contre, la couche de base supporte ici directement le trafic et n'est pas protégée contre les intempéries ; ses propriétés sont donc différentes de celles d'une couche de base classique.

Toutefois, les chaussées en terre multicouches sont rares. Le corps de chaussée est généralement constitué par une seule couche parfois appelée **couche d'amélioration** ou **couche de roulement**.

Une couche d'amélioration idéale devrait :

- Avoir des caractéristiques mécaniques excellentes et durables afin de pouvoir supporter longtemps des contraintes élevées (en particulier de cisaillement) et de résister à l'usure ;
- Présenter une surface toujours unie ;

- Dégager peu de poussière sous l'action du trafic ;
- Ne pas être glissante en saison de pluies ;
- Etre résistante à l'érosion.

Ces exigences font appel à des propriétés parfois opposées. On se contentera donc en général de mettre en œuvre des matériaux dont les caractéristiques correspondent aux principales caractéristiques recherchées.

Les matériaux les plus utilisés sont les tout-venants à granulométrie étalée, dont les plus gros éléments ont des dimensions comprises entre 10 et 60 mm et également les sables. On peut distinguer :

- *Les graveleux latéritiques* : Ce sont les plus utilisés au Sénégal du fait de leur abondance. Ils sont composés d'éléments grossiers, constitués de concrétions latéritiques de dureté variable.
- *Les banco-coquillages* : On en trouve sur le littoral sénégalais à l'état naturel. Comme son nom l'indique, c'est un matériau composé de sable appelé banco et de coquillages. Le sable jouant le rôle de liant (ciment), c'est un matériau peu sensible à l'eau et de mise en œuvre très facile.

I.2.2. Les différents types de chaussée

On distingue deux grandes familles de chaussées selon la nature de la surface de roulement: Les chaussées revêtues et les chaussées non revêtues.

I.2.2.1. Les chaussées revêtues

Dans le document intitulé « Guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussée » [1], le LCPC et le SETRA ont classé les chaussées revêtues existantes en France en six types à savoir : **les chaussées souples, les chaussées semi-rigides, les chaussées rigides, les chaussées mixtes, les chaussées inverses, les chaussées bitumineuses épaisses.**

Pour revenir au contexte sénégalais, il incombe de préciser d'avance que dans cette partie nous décrivons les différents types de chaussées précitées mais pour la suite du travail, nous nous limiterons aux chaussées souples et semi-rigides qui sont les plus utilisées en Afrique. Les chaussées rigides aussi, bien que n'étant pas très développées au Sénégal (elles sont essentiellement réalisées sur de petits tronçons dans la voirie urbaine notamment dans des endroits où l'évacuation de l'eau pose problème) présentent des

avantages indéniables qui font qu'elles nécessitent une attention particulière justifiant ainsi leur présence dans le présent projet.

a) Les chaussées souples ou flexibles

Ces chaussées tiennent leur nom du fait qu'elles ont l'aptitude de se déformer sans se rompre sous l'action des sollicitations. Elles distribuent les efforts de surface à travers les couches de base et de fondation de façon que l'effort sur la plate-forme soit compatible avec la résistance de l'infrastructure et du sol. Elles sont constituées d'une couche bitumineuse en surface et d'une assise en matériau granulaire. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm et dépend du trafic souvent faible et du climat. La structure type se présente comme suit :

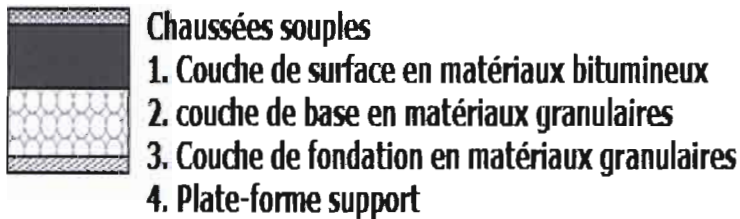
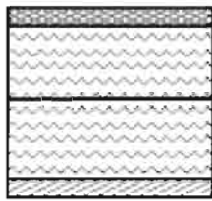


Figure I-3 : Chaussées souples

b) Les chaussées semi-rigides

Encore appelées chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques, elles se différencient des chaussées souples par le fait que la couche de base doit être traitée au liant afin de lui conférer une rigidité plus élevée. La chaussée ainsi obtenue supporte un trafic plus élevé et les contraintes transmises au sol support sont aussi plus faibles. D'une épaisseur variant généralement entre 20 et 50 cm, la structure se compose d'un revêtement bitumineux, d'une couche de base améliorée au ciment et d'une couche de fondation en matériaux granulaires traités ou non. La structure type se présente comme suit :



Chaussées semi-rigides

- 1. Couche de surface en matériaux bitumineux**
- 2. Couche de base en traitée au liant hydraulique**
- 3. Couche de fondation traitée ou non**
- 4. Plate-forme support**

Figure I-4 : Chaussées semi-rigides

c) Les chaussées rigides

Ces structures comportent une couche de béton de ciment de 15 à 40 cm d'épaisseur qui sert de couche de roulement, éventuellement recouverte d'une couche mince en matériaux bitumineux. La couche de béton repose soit sur une couche de fondation (en matériaux traités aux liants hydrauliques ou en béton maigre), soit sur une couche drainante en grave non traitée, soit sur une couche d'enrobé reposant elle-même sur une couche de forme traitée aux liants hydrauliques. La dalle de béton peut être continue avec un renforcement longitudinal (« béton armé continu »), ou discontinue avec ou sans éléments de liaison aux joints. Ces chaussées sont par conséquent peu déformables et elles absorbent la charge afin d'éviter une déformation, sur la fondation ou l'infrastructure, susceptible de causer la rupture. Pour des trafics élevés, ces types de chaussées ont des performances mécaniques très intéressantes, comparées aux autres types de structures et leur durée de vie est beaucoup plus élevée. La structure type se présente comme suit :



Chaussées rigides:

- 1. Revêtement bitumineux mince (éventuelle)**
- 2. Couche de base en béton de ciment**
- 3. Fondation de béton maigre**
- 4. Plate-forme support**

Figure I-5 : Chaussées rigides

d) Les chaussées mixtes

Ces structures comportent une couche de roulement et une couche de base en matériaux bitumineux (épaisseur de la base : 10 à 20 cm) sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 40 cm). Les structures qualifiées de mixte sont telles que le rapport de l'épaisseur de matériaux bitumineux à l'épaisseur totale de chaussée soit de l'ordre de 1/2. Chaque couche assure une fonction bien déterminée :

- La couche de fondation traitée aux liants hydrauliques diffuse et atténue les efforts transmis au sol support.

- Les couches bitumineuses ralentissent la remontée des fissures transversales de la couche sous-jacente et réduisent les contraintes de flexion à la base de la structure tout en assurant les qualités d'uni et de continuité.

L'adhérence entre les couches bitumineuses et les couches traitées aux liants hydrauliques est le point faible de la structure. Elle peut être rompue par suite de dilatation différentielle entre les deux couches et de l'action du trafic, entraînant alors une forte augmentation des contraintes de traction à la base de la couche bitumineuse, qui peut ainsi périr par fatigue. La structure type se présente comme suit :



Chaussées mixtes
1. Couche de surface en matériaux bitumineux
2. Couche de base en matériaux bitumineux
3. Couche de fondation traitée aux liants hydrauliques
4. Plate-forme support

Figure I-6 : Chaussées mixtes

e) **Les chaussées inverses**

Ces structures sont formées de couches bitumineuses, d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur totale, sur une couche en grave non traitée (d'environ 12 cm) reposant elle-même sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques. L'épaisseur totale atteint 60 à 80 cm. La structure type se présente comme suit :



Chaussées inverses
1. Couche de surface en matériaux bitumineux
2. Couche de base en matériaux bitumineux
3. Matériaux granulaires non traités
4. Couche de fondation traitée aux liants hydrauliques
5. Plate-forme support

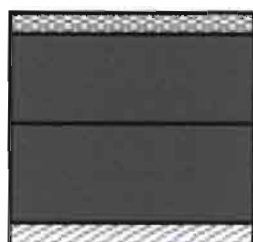
Figure I-7 : Chaussées inverses

f) **Les chaussées bitumineuses épaisses**

Ces structures sont composées d'une couche de roulement bitumineuse sur un corps de chaussée en matériaux traités aux liants hydrocarbonés, fait d'une ou deux couches (base et fondation). L'épaisseur des couches d'assise est le plus souvent comprise entre 15 et 40 cm.

Le fonctionnement des chaussées épaisses est d'autant plus différent de celui des chaussées souples que l'assise est épaisse. La rigidité et la résistance en traction des couches d'assise

en matériaux bitumineux permettent de diffuser en les atténuant fortement les contraintes verticales transmises au sol. La structure type se présente comme suit :



Chaussées bitumineuses épaisses:

- 1. Couche de surface en matériaux bitumineux**
- 2. Couche de base traitée aux liants hydrocarbonés**
- 3. Couche de fondation traitée aux liants hydrocarbonés**
- 4. Plate-forme support**

Figure I-8 : Chaussées bitumineuses épaisses

I.2.2.2. Les chaussées non revêtues

Il n'existe pas de classification universellement reconnue pour les chaussées non revêtues. Cependant, en fonction du degré d'aménagement, trois catégories sont à distinguer : **la piste saisonnière, la piste améliorée et la route en terre.** [2]

a) La piste saisonnière

C'est une voie suffisamment large pour laisser passer les véhicules à moteur. Son tracé est étroitement lié à la topographie du terrain dont elle épouse les caprices. L'assainissement est très sommaire voire inexistant. Cette piste peut ne pas être praticable en saison des pluies et la vitesse moyenne est de l'ordre de 25 à 50 Km/h.

b) La piste améliorée

Elle est par définition utilisable en toutes saisons. Cela suppose par rapport au niveau précédent, certaines rectifications du tracé, la construction de remblais destinés à mettre la chaussée hors d'eau dans les zones basses, la construction d'ouvrages d'art capables de résister aux crues, et enfin la mise en place d'une couche de roulement qui renforce la chaussée aux points faibles. La vitesse moyenne du trafic est de l'ordre de 50 à 60 Km/h.

c) La route en terre

C'est une route présentant les caractéristiques de tracés, de profils en long et en travers plus élaborées. On porte une attention plus grande aux problèmes de pentes et de rampes. On circule encore sur le terrain naturel si celui-ci s'y prête, mais on n'hésite pas à le renforcer par une couche d'amélioration en matériaux sélectionnés partout où des faiblesses se manifestent ou risquent de se manifester. La chaussée peut aussi être

considérée comme une chaussée structurée, pouvant être revêtue plus tard. Elle est capable de supporter un trafic relativement important avec des vitesses moyennes de 80 à 100 Km/h.

CONCLUSION :

Ce chapitre des généralités nous a permis de faire une présentation du réseau routier sénégalais à travers son évolution et son état actuel. En 2005, 45% du réseau était dans un état dégradé ; cela prouve la nécessité des opérations d'entretien réalisées à travers les PERA. Ces opérations d'entretien passent nécessairement par une maîtrise des phénomènes de dégradations auxquels les chaussées sont soumises.

Cependant, les données sur le réseau portent sur l'année 2006 et méritent donc d'être actualisées afin de pouvoir mieux apprécier l'état actuel du réseau ainsi que les effets des opérations d'entretien et de réhabilitation effectuées entre temps.

Dans un second temps, nous avons procédé à une description de la composition structurale d'une chaussée à travers ses différentes couches et leurs rôles. Nous avons terminé ce chapitre par une présentation des différents types de structures de chaussées connues.

Dans le prochain chapitre, nous ferons une description du processus de dégradation des différents types de chaussées ainsi que les facteurs le favorisant. Toutefois, comme nous l'avons précisé plus haut, pour les chaussées revêtues, nous nous limiterons aux types de chaussées fréquemment rencontrés au Sénégal, c'est-à-dire les chaussées souples, les chaussées semi-rigides et les chaussées rigides dans une moindre mesure.

CHAPITRE II : PROCESSUS DE DEGRADATION DES CHAUSSEES

INTRODUCTION

Le processus de dégradation des chaussées est un phénomène bien connu mais difficile à décrire ou à maîtriser. En effet, les chaussées sont soumises à diverses sollicitations dont les effets directs ne sont pas toujours connus. Et plus, d'autres facteurs tels que les familles de chaussées concernées (revêtue/ non revêtue) ainsi que le comportement des différents types de structures sous sollicitations viennent favoriser ou réduire les risques de dégradation des chaussées. Cela contribue à avoir pour chaque type de chaussée son propre processus de dégradation.

II.1. Les Principales causes des dégradations

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

II.1.1. Les chaussées revêtues

II.1.1.1. Le trafic

L'usure de la couche de roulement est la conséquence directe des efforts de cisaillements qui se manifestent au contact des pneumatiques. Elle entraîne essentiellement des pertes de matériaux, le polissage des granulats, la diminution de la rugosité... Elle dépend du trafic, elle est également fonction de la croissance des véhicules et se trouve aggravée par la présence des poids lourds.

La fatigue des couches inférieures au contraire résulte des efforts verticaux de transmission des charges à la couche de fondation. La répétition des contacts inter granulaires entraîne des effets d'attrition, la production de fines et l'augmentation de la plasticité. La couche de roulement devenant moins rigide, les déformations sous charges augmentent, deviennent irréversibles, et il en résulte sa destruction plus ou moins rapide.

Ces phénomènes de fatigue sont fonction non seulement du nombre de répétitions des charges mais aussi et surtout des charges sur essieux. Le respect de la limitation des

charges à l'essieu revêt donc d'une importance capitale pour une bonne exploitation de la route en adéquation avec les hypothèses de dimensionnement.

II.1.1.2. Les conditions climatiques

Le paramètre le plus nuisible sur le corps de chaussée est la présence de l'eau. L'eau pénètre dans le corps de chaussée :

- Par infiltration ;
- Par percolation ;
- Par remontées capillaires.

Nous savons que la teneur en eau d'un sol si elle est trop élevée peut provoquer des désordres importants en modifiant la portance ou en favorisant l'attrition de certains granulats comme les latérites. Les matériaux traités aux liants hydrauliques sont particulièrement sensibles au phénomène de désenrobage. En effet, l'eau peut s'interposer entre les granulats et les liants lorsque la qualité du collage entre ces corps n'est pas suffisante.

Aussi, quand les accotements ne sont pas protégés, des ravinements sont très probables par l'effet du ruissellement. Il se manifeste sur les bords de la chaussée, perpendiculairement à son axe, lorsque la pente transversale est trop forte.

En outre, nous savons que les revêtements bitumineux sont très sensibles aux variations de températures. Ainsi, l'exposition à des températures élevées, non prises en compte dans le choix d'un bitume, pourra entraîner un vieillissement rapide de ce dernier.

II.1.1.3. La qualité des matériaux

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

- Une granulométrie incorrecte ;
- Un pourcentage élevé d'éléments roulés ;
- Une dureté des granulats insuffisante ;
- Des granulats sales (matières végétales) ;

- Un polissage rapide des granulats de fabrication défectueuse (spécialement pour les enrobés) ;
- Un pourcentage de liants ou de fines incorrect ;
- Un malaxage insuffisant.

II.1.1.4. La mise en œuvre

Même si la qualité du liant et des granulats est excellente, le dimensionnement bien fait, une mauvaise réalisation au cours de la mise en œuvre, de la manutention ou lors du compactage pourra se traduire par un ouvrage fini d'une qualité médiocre. Ainsi, divers défauts de mise en œuvre peuvent conduire à des dégradations aux conséquences variées :

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

II.1.2. Les chaussées non revêtues

Les causes des dégradations au niveau des chaussées non revêtues sont similaires à celles des chaussées revêtues. Ainsi, on y retrouve essentiellement l'action du trafic, de l'eau et la qualité des matériaux utilisés. Cependant, à cause de leurs surfaces de roulement qui n'est pas protégée contre les agressions, les effets de ces sollicitations sont accentués. Sous l'effet de la circulation, l'usure générale de la couche de roulement est accélérée, la tôle ondulée et les nids de poule se développent et l'on note des déformations au niveau des virages. De même sous l'action de l'eau, des ravines transversales et longitudinales se créent et les effets de l'eau peuvent même atteindre la plateforme rendant ainsi le passage des véhicules difficile, voire impossible.

Dans le paragraphe II.3.2 qui traite du processus de dégradation des chaussées non revêtues, nous reviendrons plus amplement sur les effets du trafic et de l'eau et sur leur contribution à la dégradation de la chaussée.

II.2. Les types de dégradations

Les dégradations les plus couramment rencontrées se classent en deux grandes familles : les dégradations structurelles et les dégradations superficielles. Les premières apparaissent au sein de la structure de chaussée ou de son support et remettent en cause le patrimoine. Les secondes prennent naissance dans la couche de surface de la chaussée et affectent d'abord ses qualités superficielles.

II.2.1. Les dégradations structurelles (Type A)

Elles caractérisent un état structurel de la chaussée, soit lié à l'ensemble des couches et du sol, soit seulement lié à la couche de surface. Ce sont des dégradations issues d'une insuffisance de capacité structurelle de la chaussée. On y trouve essentiellement les déformations et les fissurations par fatigue.

II.2.2. Les dégradations non structurelles (Type B)

Encore appelées dégradations superficielles, elles engendrent des réparations qui généralement ne sont pas liées à la capacité structurelle de la chaussée. Leur origine est soit un défaut de mise en œuvre, soit un défaut de qualité d'un produit, soit une condition locale particulière que le trafic peut accentuer. Dans les dégradations de type B, on distingue : Les fissurations (hors fatigue), les arrachements et les mouvements de matériaux.

II.3. Processus de dégradation par type de chaussée

Dès sa mise en service, la route se dégrade. Lorsque la couche de roulement est en terre, les désordres sont souvent spectaculaires, et leur développement est particulièrement rapide. Cela est bien connu. Ce qui l'est moins, c'est que les chaussées pourvues d'un revêtement hydrocarboné s'usent également et que pas plus que les premières, elles ne sauraient se passer d'une surveillance et de soins attentifs. Quant aux chaussées en béton, elles sont moins susceptibles aux effets des intempéries que les deux premières mais se dégradent elles aussi à des degrés moins élevés.

Dans un cas comme dans l'autre, ces désordres varient beaucoup, dans leur forme et leur ampleur, avec le climat, les sols, la circulation et les caractéristiques géométriques de la route.

II.3.1. Chaussées revêtues

II.3.1.1. Chaussées souples

Elles transmettent faiblement les contraintes engendrées par la circulation en ne les atténuant jusqu'à un niveau compatible avec la portance du sol. Dans ces conditions, la répétition de ces contraintes va entraîner une déformation plastique de l'assise granulaire et/ou du sol et se traduit par des déformations permanentes en surface.

En période pluvieuse, on peut observer une élévation de la teneur en eau du support localisée sur les bords de chaussée. La faible rigidité de ces chaussées les rend sensibles à la réduction de portance due à l'élévation de la teneur en eau du support qui en résulte.

La couverture bitumineuse reposant sur un support peu rigide, est sollicitée à sa base par des efforts de traction-flexion. Leur répétition peut conduire à sa rupture.

Ainsi, le processus de dégradation de ces types de chaussées comportera donc :

- L'apparition de déformations permanentes (flaches, affaissements de rive et ornières) qui croissent en gravité et en étendue ;
- L'apparition d'une fissuration longitudinale dans les bandes de roulement, qui se ramifie, se dédouble et évolue vers un faïençage.

La fissuration favorise les infiltrations d'eau qui amplifient la réduction de portance du support en période pluvieuse, donc aggravent les déformations permanentes ; ces infiltrations d'eau accélèrent également l'évolution de la fissuration en provoquant l'épaufrure des bords de fissure, des arrachements puis des nids de poule.

En outre, quelle que soit la nature du revêtement (enduit superficiel ou tapis d'enrobés), cette dernière s'use sous le trafic et le temps. Les efforts tangentiels engendrés par le trafic entraînent l'usure des couches de roulement hydrocarbonées par arrachement de gravillons ou du liant. Cette usure est aggravée par le vieillissement du liant sous l'effet du climat. Ce vieillissement fragilise le liant et le rend sujet à la rupture éventuellement sous le seul effet des variations de températures ; il peut se traduire par l'apparition d'une fissuration superficielle anarchique.

II.3.1.2. Chaussées semi-rigides

Compte tenu de la très grande rigidité des matériaux traités aux liants hydrauliques, les contraintes verticales transmises au sol support sont très faibles. En revanche, l'assise traitée subit des contraintes de traction-flexion qui s'avèrent déterminantes dans le comportement de la chaussée.

L'interface couche de roulement-couche de base et la partie supérieure de la couche de base constituent des zones sensibles qui supportent des contraintes normales et de cisaillement importantes et qui peuvent présenter des caractéristiques plus faibles que le reste de la structure en raison des conditions de mise en œuvre ; celles-ci entraînent une plus grande sensibilité de cette zone aux agressions du trafic et du climat.

Les assises traitées aux liants hydrauliques sont sujettes au retrait thermique et au retrait de prise. Le retrait provoque des fissurations transversales qui, sans dispositions constructives, remontent à travers la couche de roulement. Celles-ci apparaissent en surface avec des espacements réguliers et une ouverture variant avec la température entre quelques dixièmes de millimètres et quelques millimètres. Souvent franches lors de leur apparition en surface, les fissures de retrait tendent à se dédoubler et se ramifier sous l'effet du trafic. En l'absence de colmatage de ces fissures, l'eau pénètre dans la structure, ce qui peut provoquer une diminution de la qualité du collage entre la couche de roulement et l'assise. Il s'en suit une aggravation de la fissuration puis de la dégradation de la partie supérieure de l'assise. Ces phénomènes s'accompagnent de remontée de boues puis d'affaissements et de nids de poule.

En outre, la faible capacité de déformation de ces assises les rend très sensibles aux mouvements, même faibles de leur support qui conduiront à la fissuration de l'assise (tassements, retrait hydrique du sol...).

Quant au revêtement, il est de même nature que pour les chaussées souples et l'on assiste pratiquement aux mêmes phénomènes. Cependant, sa faible épaisseur amplifie ces phénomènes et peut conduire à une dégradation rapide de la surface de la chaussée.

II.3.1.3. Chaussées rigides

Les chaussées en béton de ciment possèdent des avantages incontestables en raison de leur bon comportement sous les charges lourdes durant les périodes de température élevée. Par contre, elles sont plus sensibles aux tassements différentiels de l'infrastructure en raison du risque de fissuration et de rupture des dalles rigides. Sur les routes à trafic élevé, elles

nécessitent l'utilisation de granulats durs et résistant bien au polissage, faute de quoi la sécurité des usagers ne peut être assurée à longue échéance.

En effet, à cause du module d'élasticité élevé du béton de ciment, les efforts induits par le trafic sont essentiellement repris en flexion par la couche de béton. Les contraintes de compression transmises au sol sont faibles. Cependant, lors de la prise et des variations de température, le béton subit des phases de retrait. La fissuration correspondante est généralement contrôlée soit par la réalisation de joints transversaux, soit par la mise en place d'armatures continues longitudinales.

Les dégradations évoluent vers des remontées de particules fines dans les joints des dalles sous l'effet du trafic et de l'affaiblissement de l'assise par les pénétrations d'eau : c'est le phénomène de pompage ou « pumping ».

L'emploi de matériaux peu érodables en couche de fondation, et un drainage convenable aux interfaces (entre dalle et son support, entre la dalle et l'accotement), sont des dispositions constructives, qui permettent d'éviter les dégradations des chaussées en béton par pompage puis décalage des dalles.

II.3.2. Les chaussées non revêtues

Du fait de leur surface de roulement moins protégées que celles de chaussées revêtues, leur mode de dégradation est directement lié à l'action de deux de leurs principaux agresseurs : le trafic et l'eau.

II.3.2.1. Action des véhicules

Il existe une distinction à faire entre les effets de surface et ceux qui affectent les couches inférieures de la chaussée. Sur les routes non revêtues, les premiers sont d'autant plus sensibles que la cohésion de la couche de roulement est plus faible, c'est-à-dire qu'elle est formée de matériaux moins plastiques et plus secs. Les matériaux fins se trouvent dans le tourbillon de poussière soulevé par les véhicules en mouvement. Les plus gros restent sur la plateforme où ils forment la tôle ondulée.

Rapidement, des frayées longitudinales se forment dans lesquels les véhicules sont canalisés, ce qui accentue le processus et conduit à un profil en W caractéristique des chaussées usées. Ces frayées compromettent en outre rapidement l'assainissement et il

arrive même souvent que dans les terrains sableux, la chaussée se retrouve rapidement en-dessous du terrain naturel.

Suivant la largeur de la plate-forme, il se forme des bourrelets de plus en plus hauts et qui rendent les croisements de plus en plus dangereux. Le processus est particulièrement rapide sur les chaussées dont la pente transversale excède 4%, ce qui incite les véhicules à se maintenir au voisinage de son axe.

Quant aux virages, ils constituent des zones soumises à des efforts tangentiels particulièrement importants surtout quand ils sont à court rayon. Il arrive très fréquemment que les matériaux chassés vers l'extérieur y constituent un bourrelet qui vient s'installer sur la surlargeur, en interdisant l'utilisation par une augmentation de la pente du versant. Le phénomène est encore accusé par les petites ravines transversales qui sont la maladie commune de tous les virages.

II.3.2.2. Action de l'eau

Tout sol non imbibé a en général une bonne portance et sa plasticité même élevée n'est pas une gêne pour la circulation. Par contre, certains matériaux très plastiques tels que l'argile portée à imbibition deviennent glissants et s'effondrent par manque de portance. Il y'a lieu de remarquer deux phénomènes :

- ✓ Les eaux stagnantes ;
- ✓ Les eaux de ruissellement.

a) Les eaux stagnantes

Elles pénètrent dans la masse des remblais soit par la partie supérieure (eau de pluies) soit par la partie inférieure (remontées capillaires). Elles modifient ainsi les caractéristiques mécaniques des sols, altèrent leur résistance, provoquent des désordres internes tels que les tassements, les glissements et voire l'effondrement de remblais considérés comme stables.

b) Les eaux de ruissellement

Elles sont généralement animées de grandes vitesses et érodent la surface de la chaussée. Les ravinelements causés par ces eaux sont d'autant plus importants que la vitesse de celles-ci est grande et que les terrains manquent de cohésion.

En saison des pluies, les routes sont soumises à l'action des véhicules à laquelle s'ajoute celle des eaux qui favorisent et accélèrent les dégradations. Ces dernières sont d'autant plus importantes que les terrains sont à prédominance argileuse (exemple des matériaux latéritiques). Par contre, les terrains maigres à prédominance sableuse se comportent très bien pendant la saison des pluies. Les dégradations dues à cette action combinée se manifestent en surface et en profondeur :

- En surface : L'eau détrempe les matériaux argileux et les rend savonneux et glissants. La présence de nids de poules provoque des accumulations d'eau très dangereuses pour la fondation.
- En profondeur : Les eaux pénétrant dans la masse des remblais altèrent la résistance mécanique de ces derniers.

CONCLUSION

Nous avons à travers ce chapitre pu décrire les différents facteurs des dégradations des chaussées. Par la suite, nous avons étudié les deux types de dégradation et enfin le processus de dégradation des différents types de chaussée. Ceci nous permettra aux chapitres suivants de pouvoir étudier en détail les différents types de dégradations auxquelles les chaussées sont soumises et de faire leur analyse.

CHAPITRE III : DEGRADATIONS SUR LES CHAUSSEES REVETUES

INTRODUCTION

Nous avons eu, à travers le chapitre précédent, un aperçu sur le processus de dégradation des chaussées. Cela nous a permis de voir comment les sollicitations influent sur la destruction des chaussées et suivant le type de structure qu'on a, comment celles-ci se comportent.

Il reste maintenant à décrire suivant chaque famille de chaussée (revêtues/ non revêtues) les différentes dégradations les plus fréquemment rencontrées. Ainsi, ce chapitre traitera des dégradations sur les chaussées revêtues. Pour cela, nous nous intéresserons dans un premier temps aux chaussées à revêtement bitumineux qui regroupent les chaussées souples et les chaussées semi-rigides, puis nous finirons par les chaussées en dalle de béton.

III.1. Dégradations sur les chaussées à revêtement bitumineux

On différencie les dégradations sur les routes revêtues à travers quatre grands groupes (ou familles) que sont :

- **Les déformations** : Ce sont des dépressions ou ondulations de la route qui prennent généralement naissance dans le corps de chaussée ou dans le sol support et qui se manifestent sur la couche de roulement. On les différencie suivant leur forme et leur localisation. Dans ce type de dégradations, on distingue : les affaissements, les ornières et les bourrelets.
- **Les fissurations** : Ce sont des fentes de degré plus ou moins important de la route qui affectent la couche de roulement et/ou même tout le corps de chaussée. On distinguera les fissures longitudinales, les fissures transversales et les faïençages.
- **Les arrachements** : Ce sont des phénomènes de rupture d'adhésion entre éléments ou parties de la route suivies généralement de leur disparition. Ce type de dégradations n'affecte que la couche de roulement au début de son apparition mais peut s'aggraver en affectant les couches sous-jacentes au revêtement. On distingue les désordres suivants : le désenrobage, le plumage, le peignage, la pelade, l'indentation et le glaçage, les nids de poule, les dentelles de rives et les réparations.

➤ **Les mouvements de matériaux :** Ces dégradations sont caractérisées par la remontée du liant à la surface de la chaussée, par l'enfoncement de gravillons dans l'enrobé, les remontées des éléments fins à la surface, ou par l'éjection de l'eau à la surface lors du passage des véhicules lourds par suite de l'existence de cavités sous la couche de surface. On y trouve le ressuage et les remontées de fines.

Chaque dégradation fait l'objet d'une fiche descriptive qui comprend les éléments qui suivent :

- ✓ **Description :** Caractérisation succincte de la dégradation accompagnée d'une photo d'illustration.
- ✓ **Causes probables :** Sans constituer une liste exhaustive, les causes indiquées sont les plus probables et les plus fréquentes que l'on peut associer à la dégradation.
- ✓ **Evolutions possibles :** Ça consistera à donner les différents stades de la dégradation et celles qui peuvent en résulter.
- ✓ **Remèdes :** On donnera les solutions préventives et/ou curatives préconisées pour lutter contre la dégradation.

III.1.1. Les déformations

III.1.1.1. Les affaissements

➤ **Description :** Ce sont des dépressions très prononcées et souvent assez étendues, localisées soit en rive (Affaissements de rives) ou en pleine largeur de la chaussée (Affaissements hors rives). Ces derniers prennent le nom de *flaches* lorsqu'ils présentent une forme circulaire.

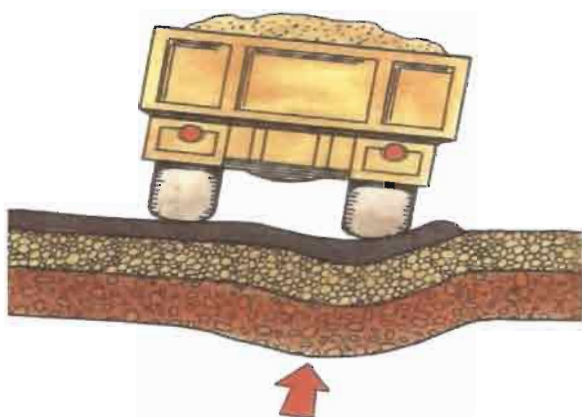


Figure III.1 : Schématisation d'un affaissement



Figure III.2: Affaissement de rive (Route Notto-bayakh) Figure III.3: Affaissement hors rives (RN2)

➤ **Causes probables :**

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

➤ **Evolutions possibles :** L'une des premières conséquences des affaissements est la rétention d'eau pouvant entraîner une diminution de l'adhérence. Il s'en suit une infiltration d'eau dans le corps de chaussée puis un désenrobage des granulats. La flache aboutit enfin à un faïençage évoluant vers un nid de poule par départ de matériaux. La dégradation peut aboutir à une rupture de la chaussée en saison des pluies.

➤ **Remèdes :** Les principales solutions préconisées sont : le déflachage (pour les affaissements de moins de 5 cm) et la réfection localisée du corps de chaussée (pour les affaissements de fortes hauteurs).

Le déflachage est une technique qui permet de réparer les affaissements et les irrégularités de surface dues à des bourrelets. Il s'effectue avec un enrobé à froid prêt à l'emploi et stocké au dépôt. Le traitement consiste à une délimitation et un balayage de la zone à traiter, puis un approvisionnement de l'enrobé à froid. On applique alors une couche d'accrochage en bitume fluidifié à chaud ou une émulsion de bitume. On procède ensuite au bouchage de la flache par épandage de l'enrobé puis au compactage de ce dernier. L'opération se termine par une imperméabilisation de la surface traitée afin d'éviter toute pénétration d'eau.

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

Le traitement comprend quatre phases. On délimite d'abord la zone à réparer avant de procéder à son excavation. Celle-ci consistera à retirer de la zone délimitée tous les matériaux libres et à approfondir le trou jusqu'à atteindre un matériau sec et solide. Le

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

Remarque : Il faut étudier également les possibilités d'amélioration du système de drainage ou d'imperméabilisation des accotements, ce qui peut contribuer à éviter les pertes de portance du corps de chaussée dues à l'accumulation des eaux.

III.1.1.2. L'orniérage

➤ **Description :** 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...



Figure III.4: Schématisation d'une ornière **Figure III.5 Ornière sur la RN3 (Thiès-Diourbel)**

➤ **Causes probables :**

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

➤ **Evolutions possibles** : Les ornières sont parfois accompagnées de fissures qui sont d'autant plus ouvertes que le défaut est profond. En effet, si l'eau pénètre dans le corps de la chaussée, l'orniérage va s'accélérer et risque d'entraîner une fissuration et une rupture de la chaussée.

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

Le reprofilage consiste à redonner à la chaussée un profil en travers correct (pour évacuer l'eau) et un profil en long régulier (pour sécuriser et améliorer le confort des usagers), généralement par apport de matériaux. Il nécessite tout d'abord un repérage, puis un accrochage (l'émulsion, si le béton bitumineux est chaud, est préférable à toute autre technique). Ensuite viennent les étapes de répandage et de compactage (intense). Elles sont suivies par une étape de vérification de la pente (2 à 5 % maxi). L'opération se termine par un drainage.

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

III.1.1.3. Les bourrelets

➤ **Description** : Ce sont des déplacements horizontaux du revêtement de la chaussée, créant un renflement allongé dans la direction du trafic. Ils sont généralement accompagnés d'ornières.

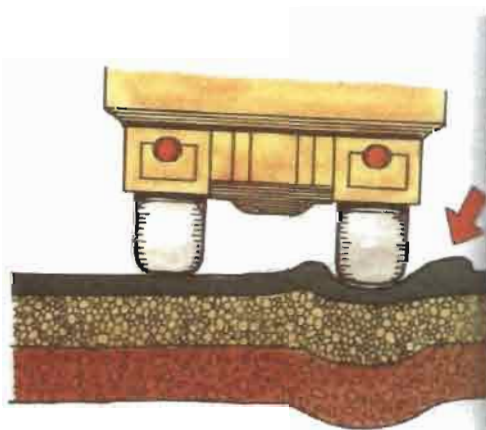


Figure III.6: Schématisation d'un bourrelet



Figure III.7 : Bourrelet mis en relief par la surélévation du jalon (RN2)

➤ **Causes probables :**

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

➤ **Evolutions possibles :** L'évolution du bourrelet est en rapport avec celle de l'orniérage. Ainsi, ils sont fréquemment accompagnés d'extrusion de matériaux mous sous l'effet de la déformation et d'une destruction progressive de la chaussée. Il peut aussi en résulter une fissuration et ou arrachement de la couche de surface. Un défaut d'uni est aussi souvent constaté.

➤ **Remèdes :** Comme pour les flaches, les solutions préconisées sont : le déflachage (pour les bourrelets de faibles hauteurs) et la réfection localisée (pour les bourrelets de fortes hauteurs). Pour plus de détails sur l'exécution de ces deux méthodes, se référer au paragraphe III.1.1.1.

III.1.2. Les fissurations

III.1.2.1. Les fissures transversales

➤ **Description :** Ce sont des cassures sensiblement perpendiculaires à l'axe de la chaussée, isolées ou périodiques, d'espacement variable, intéressant tout ou partie de la largeur de la chaussée.

Suivant la cause et le mode d'apparition, on les distinguera en fissures de retrait, fissures de joints et en fissures de fatigue.



Figure III.8 : Fissure transversale affectant toute la largeur de chaussée (RN2)

➤ **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).

➤ **Evolutions possibles :** Les fissures transversales apparaissent soit directement en pleine largeur, soit au droit du passage des roues des véhicules pour s'étendre sur la totalité du profil en travers. Elles peuvent par conséquent augmenter avec le temps. D'abord fines, ces fissures peuvent se ramifier avec épaufrage des lèvres et évoluent vers les faïençages, les flaches et les départs de matériaux conduisant ainsi à une destruction généralisée ou localisée de la chaussée.

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

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

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

III.1.2.2. Les fissures longitudinales

➤ **Description :** 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.



Figure III.9 : Fissure longitudinale avec ouverture franche (Notto-Bayakh)



Figure III.10 : Réseau de fissures longitudinales (RN3)

➤ **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).

➤ **Evolutions possibles :** Elles évoluent vers une épaufrure des bords de fissure favorisant la pénétration de l'eau, une ramification puis un dédoublement de la fissure avec ouverture des lèvres liée au départ de matériaux en bord de fissure. L'évolution aboutit à un faïençage à mailles fines, à un orniérage et des nids de poules lorsque les fissures sont dues à une résistance insuffisante des matériaux d'assise.

➤ **Remèdes :** Les solutions préconisées sont les mêmes que celles de fissures transversales. Se référer donc au paragraphe III.1.2.1.

III.1.2.3. Le faïençage

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



Figure III.11 : Début de faïencage (RN2) Figure III.12 : Faïencage de maille serrée (RN3)

➤ **Causes probables :**

- Mauvaise mise en œuvre ;
- Sous dimensionnement du corps de chaussée (épaisseurs insuffisantes);
- Fatigue de la couche de roulement ou de la totalité de la chaussée (Contraintes de cisaillement excessives engendrées par le trafic lourd) ;
- Vieillissement du liant caractérisé par un durcissement et un retrait de l'enrobé ;
- Non accrochage de la couche de roulement sur la couche de base.

➤ **Evolutions possibles :** Si aucune opération d'entretien n'est effectuée, on assistera à une augmentation des zones faïencées devenant plus serrées. Le faïencage évolue alors vers un départ de matériaux (entraînant la formation de pelades ou encore de nids de poule) et/ou la chute de portance due à la pénétration de l'eau dans le corps de chaussée.

➤ **Remèdes :** Dans le cas où le corps de chaussée n'est pas affecté, les solutions préconisées sont la réfection localisée ou la réalisation d'un enduit superficiel qui permet de rétablir l'imperméabilité de la couche de surface .On peut aussi procéder au décapage de la couche de roulement et à la mise en œuvre d'une couche d'enrobé à chaud (après couche d'accrochage).

Dans le cas contraire, il faut se résigner à une reprise de la partie concernée.

III.1.3.Les arrachements

III.1.3.1. Le désenrobage, le plumage et le peignage

➤ **Description :** Il s'agit de trois phénomènes extrêmement liés pour être traités séparément. Le désenrobage consiste en une disparition du liant enveloppant les

granulats d'une couche de revêtement en enrobé. Sous l'effet du trafic, on assiste à un arrachement des gravillons rendant ainsi la surface de roulement rugueuse : c'est le plumage. Quant au peignage, il s'agit aussi d'un arrachement des gravillons du revêtement suivant des lignes parallèles à l'axe de la chaussée.

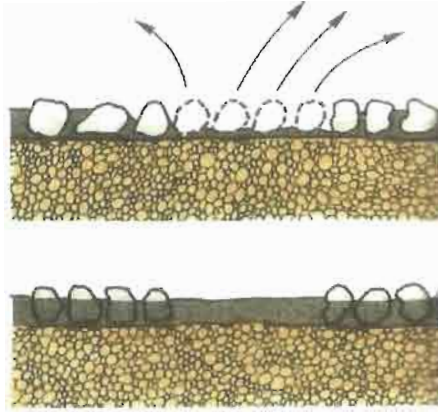


Figure III.13 Schématisation Plumage

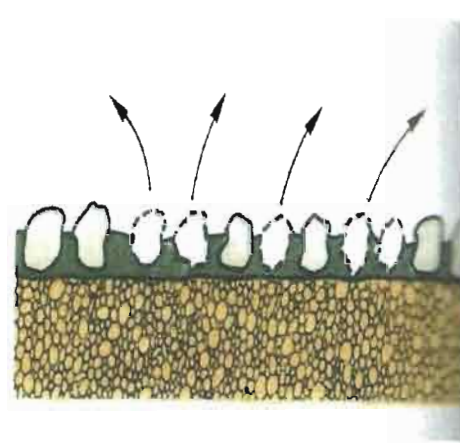


Figure III.14 : Schématisation Peignage



Figure III.15 : Réseau de plumage (RN2)

➤ **Causes probables :**

- Mauvaise qualité des enrobés (Sous-dosage du bitume ou mauvais enrobage) ;
- Mauvaise adhésivité liant-granulat ;
- Utilisation de granulats hydrophiles ;
- Vieillessement du liant à travers le temps ;
- Mise en œuvre sous conditions météorologiques défavorables (températures élevées notamment) ;

- Stagnation d'eau sur la chaussée ;
- Usure par trafic intense ;
- Compactage insuffisant de la couche de roulement.

➤ **Evolutions possibles :** Si aucune opération d'entretien n'est effectuée, le désenrobage évolue en surface et en profondeur. On assiste alors à un arrachement des gravillons, puis à l'apparition de nids de poule.

➤ **Remèdes :** La solution préconisée est la méthode dite des *emplois partiels*. Elle permet de traiter aussi bien les plumages que les pelades. Elle consiste, après délimitation et balayage de la zone à traiter, à deux options au choix :

L'imperméabilisation est réalisée avec une émulsion à froid ou du bitume fluidifié à chaud après avoir appliqué une couche d'accrochage. On répand ensuite des gravillons (dimensions 6 à 10mm) jusqu'à une couverture complète. Enfin, à l'aide d'un petit compacteur, on fait pénétrer les gravillons dans le bitume.

L'application d'enrobé consiste à appliquer sur la zone à réparer du bitume fluidifié à chaud ou une émulsion de bitume afin de constituer une couche d'accrochage. On répand ensuite de l'enrobé fin à froid (constitué de gravillons inférieurs à 6 mm) sur la surface à traiter et on compacte à l'aide d'un petit compacteur vibrant ou une dame à la main jusqu'à égalisation de la surface environnante.

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

III.1.3.2. La pelade

➤ **Description :** Il s'agit d'un décollement du revêtement par plaques plus ou moins grandes.



Figure III.16 : Exemple de Pelade (RN2)

➤ **Causes probables :**

- Défaut d'accrochage de la couche de roulement (nettoyage insuffisant avant la mise en œuvre, mauvaise exécution, présence d'eau à l'interface) ;
- Absence ou insuffisance de la couche d'accrochage ;
- Épaisseur insuffisante de la couche de surface ;
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic.

➤ **Evolutions possibles :** La pelade évolue vers un arrachement progressif de la couche de surface. Elle s'accompagne aussi d'une altération de l'étanchéité et de l'uni. Elle aboutit enfin vers des nids de poule si elle n'est pas traitée à temps.

➤ **Remèdes :** Lorsque les surfaces concernées ne sont pas importantes, l'entretien consiste en un bouchage aux enrobés adaptés, précédé d'une couche d'accrochage à l'émulsion. Cependant, si la dégradation se généralise, on procédera par reprofilage en enrobé à chaud avec toujours une couche d'accrochage. Une autre solution consiste en l'application d'enduits superficiels.

L'application d'enduits superficiels permet de redonner à la chaussée son étanchéité ainsi qu'une amélioration de l'uni de surface. La mise en œuvre doit alors respecter la succession suivante d'opérations :

- répandage d'une couche de liant ;
- répandage d'une ou de deux couches de granulats ;
- compactage de l'ensemble.

Enfin notons que la technique des emplois partiels exposée précédemment est aussi utilisable.

III.1.3.3. L'indentation et le glaçage

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

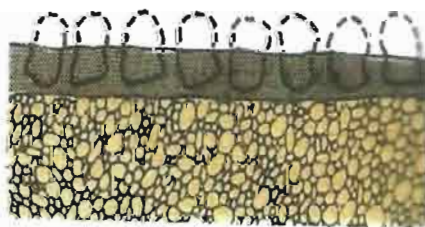


Figure III.17 : Glaçage

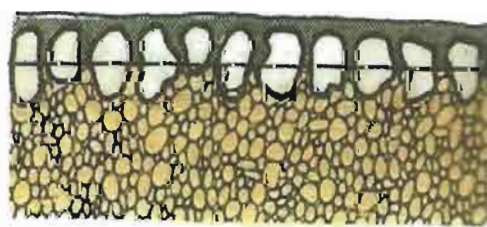


Figure III.18 : Indentation

➤ **Causes probables :**

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

➤ **Evolutions possibles :** Le phénomène évolue vers une accentuation de l'usure des gravillons résultant en une chaussée de plus en plus glissante par temps humides. On assiste à une extension du désordre dans les bandes de roulement, voire l'apparition d'ornières accompagnées de bourrelets transversaux et longitudinaux.

➤ **Remèdes :** Les techniques d'entretien les plus utilisées sont la réalisation d'un enduit superficiel (cf III.1.3.2) ou d'un tapis en enrobés (III.1.3.1).

III.1.3.4. Les nids de poule

➤ **Description :** Ce sont des désagréments localisés 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. Plus qu'une gêne, ils constituent souvent en fait un danger sérieux pour la circulation et présentent un réel inconvénient pour l'assainissement. Ils sont présentés comme étant l'une des dégradations les plus fréquentes au Sénégal.

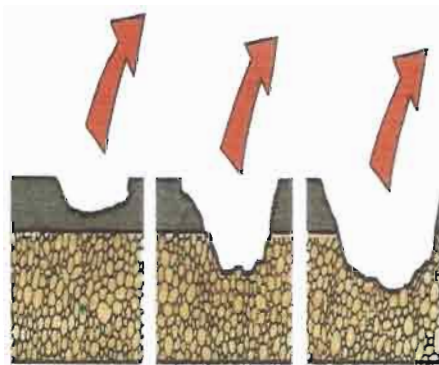


Figure III.19 : Schématisation nid de poule



Figure III.20 : Nid de poule sur Notto-bayakh

➤ **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...).

➤ **Evolution :** Les nids de poule évoluent vers une augmentation en taille et en nombre des trous et vers la ruine totale de la chaussée. On note aussi une infiltration massive d'eau dans le corps de chaussée. C'est pourquoi, les zones détruites doivent être traitées le plus rapidement possible.

➤ **Evolutions possibles :** La technique d'entretien la plus connue est le bouchage de nids de poule. En plus, quand les nids de poule atteignent certains niveaux de gravité, la réparation localisée du corps de chaussée est plus préconisée.

Le bouchage de nids de poule consiste à rendre à la chaussée son état initial en rebouchant les nids de poule dès la constatation de leur apparition. Il procède par découpage (bords verticaux), élimination des parties non liées (ce qui implique décapage et nettoyage), accrochage (épandage d'émulsion), remplissage, compactage (intense) et enfin traitement de la surface.

La réparation localisée du corps de chaussée Cf. paragraphe III.1.1.1

III.1.3.5. Les dentelles de rives

➤ **Description :** Encore appelées épaufrures, ce sont des cassures des bords de la chaussée causant ainsi une nette réduction de la largeur de chaussée jusqu'à sa disparition même. C'est un phénomène fréquemment rencontré dans les routes sénégalaises.

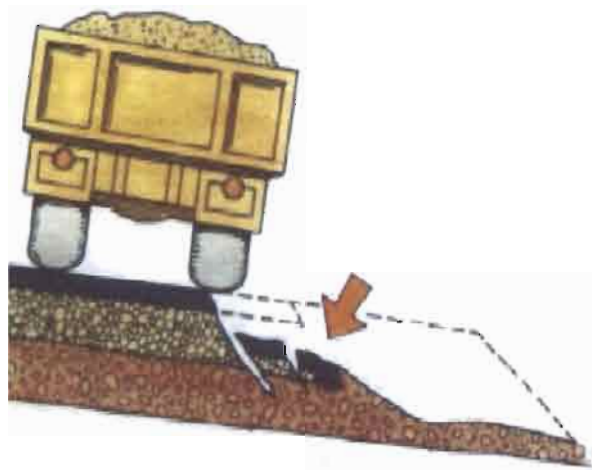


Figure III.21 : Schématisation épaufrures



Figure III.22 : Début d'épaufrures (RN2)

Figure III.23 : Epaufrure de grande ampleur

➤ **Causes probables :**

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

➤ **Evolutions possibles** : L'évolution peut revêtir différentes formes : ravinement de la couche de roulement et des couches inférieures mettant en grave péril la partie de la chaussée. Ce ravinement se poursuit dans le temps pour aboutir à un enlèvement pur et simple de la couche de roulement.

➤ **Remèdes** : Des solutions préventives visant à retarder le phénomène doivent être prises durant la mise en œuvre. Il s'agit de veiller au bon compactage des couches mais surtout du sol support notamment dans les accotements. Aussi, une attention particulière doit être accordée à la protection des accotements contre les effets de l'eau particulièrement l'érosion et du trafic. Dans les solutions curatives, on retiendra la réfection localisée du corps de chaussée et la reprise des conditions de drainage (mise en place de butées).

III.1.3.6. Les réparations

➤ **Description** : Il s'agit de réparations ponctuelles, concernant une ou plusieurs couches de chaussée et présentant des dégradations plus ou moins importantes sur leur surface ou sur leur contour. Leur nombre, leur étendue et leur fréquence dans le temps sont des éléments du diagnostic.



Figure III.24: Exemple de réparation (RN3) Figure III.25 : Réparation dégradée

➤ **Causes probables** :

- défaut de mise en œuvre des matériaux d'apport (défaut de compactage fréquent).

Remarque : L'examen du type des dégradations apparaissant à la surface des réparations permet de mieux cerner la nature du défaut (se référer pour cela au paragraphe « causes probables » de la dégradation rencontrée).

➤ **Evolutions possibles :** Elles sont identiques à celles qui prévalent pour les dégradations apparaissant à la surface de la réparation.

➤ **Remèdes :** Pour pallier aux défauts sur les réparations, on peut procéder au découpage soigné du contour de la dégradation, puis à son rabotage et évacuation des produits. On procède enfin à la mise en œuvre d'enrobé à chaud (couche d'accrochage préalable).

III.1.4. Les mouvements de matériaux

III.1.4.1. Le ressuage

➤ **Description :** 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.



Figure III.26 : Schématisation ressuage



Figure III.27: Ressuage sur la RN3

Figure III.28 : Ressuage sur la RN3 (bis)

➤ **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) ;
- Section soumise à un fort ensoleillement pour la viscosité du liant ;
- Choix inapproprié des granulats ;
- Excès de compactage ;

➤ **Evolutions possibles :** Le ressuage se manifeste d'abord par l'apparition des traces de roues sur la chaussée en période de chaleur. Il évolue vers un décollement et un arrachement de la couche de surface sous l'effet de la circulation. Il s'en suit un amorçage de nids de poule. Il y'a lieu de noter que la chaussée devient glissante par temps humide.

➤ **Remèdes :** Les solutions préconisées sont : l'application d'un enduit superficiel ou un sablage suivi d'un cylindrage léger.

Le sablage est une technique qui permet de réparer les surfaces présentant un ressuage. Le traitement consiste à un répandage d'un sable grossier (jusqu'à 6mm) sur la surface et à l'étaler à l'aide d'un balai pour que la surface soit recouverte de manière uniforme. Le cylindrage consiste alors à compacter légèrement la surface ainsi recouverte.

III.1.4.2. Les remontées de fines

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



Figure III.29: Remontée d'eau



Figure III.30: Remontée de boues

➤ **Causes probables :**

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

➤ **Evolutions possibles :** Les remontées peuvent induire un manque d'adhérence au niveau de l'interface chaussée-pneumatiques par la présence de zones humides à la surface. Elles évoluent vers une destruction progressive de la chaussée sous l'action de l'eau, à une désagrégation des matériaux du corps de chaussée par suite de sa désorganisation et à un désenrobage des granulats. A long terme, des nids de poule peuvent apparaître à la surface de la chaussée à cause de la baisse de portance de l'assise.

➤ **Remèdes :** La solution préconisée est le drainage de la chaussée. Une autre solution consiste à identifier l'origine de l'eau et des fines et de procéder au nettoyage de la zone concernée et on appliquera par suite une couche d'accrochage. Enfin, on procédera à la mise en place de l'enrobé.

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

III.2. Dégradations sur les chaussées en béton

Quand elles sont bien conçues et réalisées dans les règles de l'art, les chaussées en dalles de béton se dégradent peu comparées aux chaussées à revêtement bitumineux. La nature de ces dégradations pouvant relever de diverses formes fait que l'on ne peut pas les classer en familles comme ce fut le cas au III.1. Nous les traiterons donc individuellement tout en suivant le schéma précédemment établi. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sur les chaussées rigides sont : les fissures, les épaufrures, les décalages de joint, et les rejets de pompage ou phénomène de pompage.

III.2.1. Les fissurations

➤ **Description :** On distingue deux groupes de fissures: d'un côté les *fissures longitudinales, transversales et obliques* et de l'autre les *fissures en coin de dalle*. Ce sont tous des ruptures de dalle en deux morceaux, cependant les fissures en coin correspondent à une intersection de la fissure avec les bords de la dalle formant ainsi un triangle dont les deux côtés de l'angle droit sont les bords de la dalle.



Figure III.31: Réseau de fissures de formes diverses **Figure III.32: Fissures en coin de dalle**

➤ **Causes probables :**

- Portance insuffisante (épaisseur trop faible de la dalle, résistance insuffisante du béton à la traction...);
- Dégradation des conditions d'appui de la dalle (tassement ou érosion du sol de fondation);

- Retrait thermique du béton en cas de sciage tardif;
- Retrait hydrique ;
- Rupture par fatigue de la chaussée sous l'effet de l'accumulation de contraintes de traction-flexion excessives ;
- Espacement entre joints trop long ;
- Gonflement ou retrait du sous sol.

➤ **Evolutions possibles** : On assiste à une ouverture de la fissure et à l'épaufrure des lèvres favorisant un départ de matériaux et une infiltration d'eau dans le corps de chaussée. Par suite, les battements de dalles provoqués par le trafic lourd entraînent en plus des rejets de pompage. Cette ouverture est limitée pour le béton armé continu jusqu'à rupture des armatures. Il peut aussi se produire une ramification de la fissure et les coins de dalles contigus à la fissure peuvent se casser.

➤ **Remèdes** : Lorsque les fissures sont d'ordres superficiels le remplissage à la résine peut suffire. Par contre, quand elles s'établissent sur toute l'épaisseur de la dalle, une réparation partielle ou totale de la dalle s'avère nécessaire ou bien, on procède alors au renforcement de la dalle.

La réparation des dalles correspond à une réhabilitation générale de la chaussée atteignant la fin de la durée de vie qui se traduit par la généralisation de la fissure transversale, en coin, longitudinale voire multiple et une dégradation de l'uni (décalage de dalle). Elle consiste à une reprise totale de la chaussée (dalle et/ou fondation).

Le renforcement d'une chaussée rigide admet trois solutions possibles. D'abord il y'a la mise en œuvre d'une surépaisseur de béton. Cette solution n'est envisageable que si les dalles existantes sont globalement en bon état.

La deuxième solution est le renforcement par superposition d'une nouvelle structure rigide. Elle sera utilisée pour la remise en état d'une chaussée rigide particulièrement dégradée qui ne sera plus alors conservée que comme couche de fondation. Les dalles existantes seront préalablement cassées en morceaux d'environ 1m² puis soumises au passage d'un engin lourd afin de se prémunir contre tout mouvement de basculement ultérieur. Une couche de reprofilage en enrobé absorbera les différences de niveau éventuelles entre les éléments en béton. La couche de béton de renforcement sera dimensionnée comme s'il s'agissait d'une chaussée neuve et pourra éventuellement être réalisée en béton armé continu.

Enfin, nous avons le renforcement par superposition d'une structure souple. Ce type de renforcement peut être utilisé quel que soit l'état de dégradation de la chaussée en béton. Il consiste en une fracturation de la dalle, puis à la mise en œuvre d'une ou plusieurs couches de grave bitume et enfin d'une couche de béton bitumineux.

III.2.2. Les épaufrures

➤ **Description :** Ce sont des fragments qui se sont détachés de la masse du béton aux abords des joints ou des fissures. Généralement cette dégradation affecte simplement une partie de l'épaisseur de la dalle.



Figure III.33 : Épaufrure caractérisée par le départ de matériaux

➤ **Causes probables :**

- Joints bloqués (présence de matériaux incompressibles) empêchant la dilatation thermique et créant une compression en bordure, entraînant leur effritement ;
- Existence de zones de faiblesse au niveau des joints ;
- Résistance à la compression du béton insuffisante ;
- Détérioration locale du béton par un sciage prématuré ;
- Friction des lèvres des joints générée par les battements de dalles ;

➤ **Evolutions possibles :** Les épaufrures deviennent de plus en plus nombreuses et larges et évoluent vers la fragmentation en dalles de plus en plus petites. Elles sont aussi accompagnées d'un affaissement de ces dalles et de départs de matériaux. On note enfin une accentuation du phénomène par pénétration d'eau dans le corps de chaussée.

➤ **Remèdes :** Pour les épaufrures de petites dimensions (inférieures à 5cm), combler avec le produit d'étanchéité lors de la réfection des joints. Ce produit peut être à base

de bitume traité avec des polymères ou à base de brai (résidu pâteux de la distillation de la houille ou du pétrole). Pour les épaufrures de dimensions importantes, elles sont reprises au mortier de résine.

III.2.3. Les décalages de joint (de dalles ou de fissure)

➤ **Description :** Il s'agit d'une dénivellation verticale entre les deux lèvres d'un joint de dalle ou de bord de fissure.



Figure III.34 : Exemple de décalage

➤ **Causes probables :**

- Erodabilité de la fondation ;
- Mauvais transfert de charges au niveau des joints transversaux ;
- Portance et/ou la cohésion insuffisante du sol support entraînant un tassement différentiel ;
- Mouvements de matériaux sous les deux bords du joint dus à un phénomène de pompage, de retrait hydrique, à un mauvais drainage;

➤ **Evolutions possibles :** Les décalages de joint induisent une modification des conditions de fonctionnement de la dalle (transfert de charge) et à une altération de l'uni. Ils évoluent vers une épaufrure des lèvres des joints ou des bords des fissures, des rejets de fines suite aux infiltrations d'eau dans le corps de la chaussée, ainsi que vers une fissuration transversale ou oblique.

➤ **Remèdes :** Deux techniques d'entretien peuvent être utilisées à savoir les réparations provisoires telles que le rabotage et le reprofilage en enrobé et les réparations définitives telles que l'injection sous dalle, la réfection de l'étanchéité des joints, l'amélioration du transfert de charge et la réfection des dalles.

Le rabotage est effectué à l'aide d'une machine comportant un châssis faisant office de règle roulante de référence et une tête de coupe formée de disques diamantés accolés de 50 cm à 1m de largeur. Cette technique permet le traitement ponctuel du décalage et de lui donner un uni suffisant mais inférieur à celui d'origine (la dalle n'est plus plane). De plus la cause du défaut n'est pas éliminée.

L'injection sous dalle consiste en une injection entre la dalle et la fondation. Elle est effectuée pour rétablir les conditions d'appui de la dalle ou la relever pour la remettre à niveau. On procède d'abord à un percement de trous au droit des joints ou en pleine dalle en cas de relèvement. Pour éliminer toutes les fines, un soufflage à l'air ou à l'eau sous pression sera nécessaire. On pourra alors procéder à l'injection de coulis en ciment-bentonite.

Le transfert de charge est utilisé pour corriger les défauts des chaussées présentant des battements de dalles et pour celles dont les sollicitations sont plus fortes que celles prévues (par exemple trafic plus intense). La technique consiste en la mise en place de goujon dans le béton durci ou à un blocage des joints transversaux par injection de résine.

Les techniques de réfection de l'étanchéité des joints ainsi que des dalles ont été exposées aux paragraphes III.2.1 et au III.2.2.

III.2.4. Le pompage

➤ **Description :** Il s'agit de l'éjection de matériaux (eau, boue. . .) à la surface de la chaussée lors des passages de véhicules lourds, au niveau des fissures ou des joints par suite de l'existence de cavités sous les dalles.



Figure III.35 : Pompement caractérisé par l'humidification de la chaussée aux bords des joints

➤ **Causes probables :**

- Mauvais drainage de la chaussée ;
- Manque de cohésion et la sensibilité à l'eau du support ;
- Dégradation des conditions d'appui de la dalle en présence d'eau due aux sollicitations dynamiques (les battements de dalles sous charge génèrent des mouvements d'eau sous pression aux interfaces dalles-fondation qui provoquent des remontées d'eau et de fines à travers les joints ou les fissures).

➤ **Evolutions possibles :** Il évolue vers la formation de cavités dans les abouts de dalles. Ces cavités font que le trafic lourd génère des battements de dalles qui accentuent les rejets de pompage. A terme peuvent survenir la mise en escalier et la fissuration des dalles.

➤ **Remèdes :** L'entretien des rejets de pompage est lié à d'autres dégradations telles que les décalages de joints et les fissurations. Ainsi, on pourra procéder à la reprise de l'étanchéité des joints ainsi qu'à l'injection de coulis sous dalle. Ces techniques ont été exposées plus haut (Cf. paragraphes III.2.1, III.2.2 et III.2.3).

Conclusion :

Ce chapitre a permis d'exposer dans leur plus grande majorité les dégradations sur les chaussées revêtues. Ainsi, pour les chaussées à revêtement bitumineux, on a pu étudier l'ensemble des dégradations sous formes de familles. Les descentes effectuées sur le terrain ont permis de les constater sur place afin de mieux les appréhender. A l'exception des phénomènes de l'indentation-glaçage, de peignage et de remontées de fine, l'ensemble des dégradations décrites dans cette partie ont pu être accompagnées d'illustrations prises sur le réseau national notamment sur la RN2 (entre Thiès et Louga), la RN3 (entre Thiès et Diourbel) et sur la route Notto-Bayakh. Cela s'explique par des contraintes de temps ne permettant pas de faire plus descentes mais ces dégradations sont bien connues des routiers. Au chapitre V, nous étudierons dans la région de Thiès la répartition des dégradations les plus fréquemment rencontrées afin d'en faire une analyse.

Par rapport aux chaussées en béton, comme on l'a précisé plus haut, elles sont peu fréquentes dans les pays en voie de développement. Ainsi, le Sénégal ne dispose pas de réseau assez important pour pouvoir faire des relevés représentatifs. Les dégradations présentées ici sont donc celles qui sont le plus fréquemment citées dans la bibliographie.

On y retiendra surtout le nombre très faible de dégradations par rapport aux chaussées bitumineuses, ainsi que leurs niveaux de gravités ne constituant pas toujours une gêne pour la circulation. Ces constats nous poussent à croire que les chaussées rigides peuvent être une solution aux problèmes d'infrastructures routières des pays en développement.

CHAPITRE IV : DEGRADATIONS SUR LES CHAUSSEES NON REVETUES

INTRODUCTION

Tout comme les dégradations des chaussées à revêtement bitumineux regroupées en quatre familles, on différencie les dégradations sur les routes non revêtues à travers deux (2) grands groupes ou familles qui sont :

- **Les déformations** : Ce sont des dépressions ou ondulations de la route qui prennent généralement naissance dans le corps de la chaussée ou dans le sol support et qui se manifestent sur la couche de roulement. On les différencie suivant leur forme et leur localisation. On distingue : les ornières, la tôle ondulée et les bourbiers.
- **Les arrachements** : Ce sont des phénomènes de rupture d'adhésion entre les éléments ou parties de la route suivis généralement de leur disparition. Ce type de dégradation n'affecte que la couche de roulement au début de son apparition mais peut s'aggraver en touchant les couches sous-jacentes. On distingue les désordres suivants : le ravinement et les nids de poule.

Chaque dégradation fait l'objet d'une fiche descriptive qui comprend les éléments qui suivent :

- ✓ **Description** : Caractérisation succincte de la dégradation accompagnée d'une photo d'illustration .:
- ✓ **Causes probables** : Sans constituer une liste exhaustive, les causes indiquées sont les plus probables et les plus fréquentes que l'on peut associer à la dégradation.
- ✓ **Evolutions possibles** : Ça consistera à donner les différents stades de la dégradation et celles qui peuvent en résulter.
- ✓ **Remèdes** : On donnera les solutions préventives et curatives préconisées pour lutter contre la dégradation.

IV.1. Les déformations

IV.1.1. Les ornières

➤ **Description :** Ce sont des affaissements localisés apparaissant sous le passage des véhicules, accompagnés ou non de bourrelets et pouvant affecter entièrement la couche de roulement sur d'assez grandes longueurs.



Figure IV.1: Schématisation d'ornière **Figure IV.2: Exemple d'ornière sur la route de Fissel**

➤ **Causes probables :**

- Sous dimensionnement de la chaussée ;
- Compactage insuffisant ;
- Humidité importante dans les couches inférieures de la chaussée ;
- Absence ou insuffisance de drainage ;
- Pertes de matériaux sous les traces des roues.

➤ **Evolutions possibles :** Les ornières peuvent être à l'origine de ravinements et de nids de poule lorsque la couche de roulement présente des points faibles.

➤ **Remèdes :** La première solution proposée pour lutter contre les ornières est le reprofilage par apport local de matériaux. Il est indispensable pour redonner à la route un bombement correct, afin de permettre un écoulement rapide de l'eau. On distingue ainsi le reprofilage mécanisé du reprofilage manuel. L'autre solution consiste à un rechargement.

Le reprofilage mécanisé est effectué à l'aide d'une niveleuse. Il s'agit de répandre les matériaux récupérés latéralement par plusieurs passes de l'engin dont le nombre est défini suivant la gravité des dégradations à traiter. Il s'en suivra alors un arrosage et un compactage jusqu'à obtention d'un bombement correct.

Le reprofilage manuel est une option intéressante lorsque le matériel mécanique de reprofilage est trop coûteux ou non disponible. On procédera à la récupération des matériaux sur les bords de la chaussée, puis on les répartit avec un râteau pour obtenir le bombement et la pente transversale souhaitée. Enfin, on compactera le matériau meuble, préalablement arrosé, à l'aide d'une dame à main.

Le rechargement a pour objet de palier à l'usure de la couche de roulement, due à la fois à la perte de matière et à la baisse de qualité des matériaux routiers, au moyen de matériaux sélectionnés. L'opération comprend donc la recherche et la préparation des emprunts, le chargement des matériaux, leur transport, leur mise au profil et leur compactage. Habituellement, le rechargement intéresse de longues distances mais dans certains cas, lorsque seuls de courts tronçons sont gravement dégradés, on procède à une opération de rechargement par zones.

IV.1.2. La tôle ondulée

➤ **Description :** C'est l'une des pathologies les plus fréquentes sur les routes en terre surtout quand celles-ci sont en latérites. Elle consiste en une organisation des matériaux libres de la chaussée en bandes perpendiculaires à l'axe de la route, qui affecte toute la largeur de la plateforme et même ses parties les moins circulées. La surface de la route prend un aspect ondulé, et les ondes sont très régulières tant en espacement qu'en amplitude qui dépendent d'ailleurs du matériau de surface et de l'intensité de circulation.

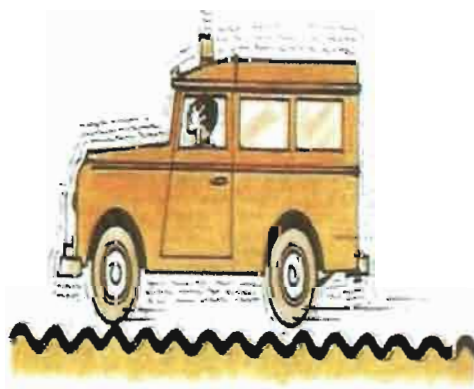


Figure IV.3: Schématisation de tôle ondulée



Figure IV.4: Exemple tôle ondulée (Tambacounda)

➤ **Causes probables :**

- Manque de stabilité de la couche de roulement : en saison sèche, les éléments fins partent en poussière et laisse la place à un squelette manquant de cohésion. En saison des pluies les éléments fins développent une plasticité excessive nuisible à la viabilité de la chaussée ;
- Le non respect de la charge maximale à l'essieu (variant entre 9 et 13 tonnes) : il entrainera une augmentation de la pression des pneus induisant une surexploitation de la couche de roulement au delà des conditions limites de son dimensionnement et entrainera par conséquent l'apparition de certaines dégradations en l'occurrence la formation de tôle ondulée.
- Le trafic : le niveau du trafic et la vitesse de circulation des véhicules influent sur la rapidité de formation et l'amplitude de la tôle ondulée. Au delà d'un certain seuil de débit journalier, la route en terre n'est plus en mesure de supporter le trafic. Il faut procéder au bitumage de la chaussée.

➤ **Evolutions possibles :** L'amplitude de l'ondulation croit dans le temps augmentant ainsi l'insécurité et la diminution du confort. A long terme, elle évolue vers un arrachement des matériaux entraînant la formation de nids de poule à la suite des premières pluies.

➤ **Remèdes :** La tôle ondulée est une dégradation dont l'éradication ne peut être réalisée, toutes les mesures à prendre consistent à retarder son occurrence, à ralentir son développement et à corriger ses dégâts. Ainsi, on peut adopter comme solution préventive l'amélioration de la couche de roulement à la chaux. La prise lente de cette dernière permet de lutter contre la tôle ondulée en diminuant la plasticité mais aussi la teneur en eau. On peut aussi procéder à une amélioration au ciment. Ce dernier transforme le produit naturel en un matériau plus raide renforçant ainsi la portance du matériau.

La solution curative consiste à un *reprofilage léger*. Il se différencie des types de reprofilage vus précédemment par le simple fait qu'il intéresse des profondeurs beaucoup moins importantes, ce qui fait que quand c'est mécanisé, 4 passes de la niveleuse peuvent suffire.

IV.1.3. Les bourbiers

➤ **Description :** Ce sont des destructions localisées, sous forme de plastification du matériau du corps de la chaussée sous l'effet conjugué du trafic et de l'eau (de ruissellement ou interne).



Figure IV.5: bourbier sur la route Hontorbé-Limite Saint-Louis

➤ **Causes probables :**

- Assainissement défectueux : ouvrages d'art en mauvais états ou inexistantes se traduisant par la présence de flaques d'eau sur la couche de roulement ;
- Utilisation de matériaux à prédominance argileuse : l'imbibition de la chaussée par la présence d'eau rend la couche de roulement plastique. La surface commence à devenir glissante et les roues des véhicules la marquent de plus en plus profondément permettant ainsi à l'eau de stagner et de pénétrer plus amplement.

➤ **Evolutions possibles :** Si aucune opération d'entretien n'est effectuée dès l'apparition des bourbiers, on assiste à une destruction progressive de la chaussée provoquant l'enlèvement des véhicules.

➤ **Remèdes :** Un bourbier de quelques mètres de longueur (cas le plus fréquent) se réparera par la technique du point à temps ou la pose d'une buse alors qu'un bourbier établi sur de longues distances nécessitera probablement une modification du niveau de la route par rapport au terrain naturel ou un changement de la nature des matériaux.

Le point à temps est une technique de réparation des dégradations localisées avant qu'elles ne deviennent dangereuses pour la circulation ou risquent de compromettre l'assainissement.

Il s'effectue sur les routes en terre et est réalisé à la main. Il consiste après avoir largement agrandi le trou (ou la tranchée) à le combler avec un matériau identique à celui qui a servi à constituer la chaussée et à le compacter soigneusement avec une dame à main après arrosage.

IV.2. Les arrachements

IV.2.1. Le ravinement

➤ **Description :** C'est l'érosion longitudinale (ravine longitudinale) ou transversale (ravine transversale) de la chaussée causée par un écoulement qui se fait sur cette dernière à défaut de se faire dans le réseau d'assainissement. L'intensité de l'érosion est fonction des quantités d'eau mises en jeu et de la vitesse d'écoulement de l'eau.



Figure IV.6 : Schématisation ravinement **Figure IV.7: Ravinement transversal (Tambacounda)**

➤ **Causes probables :**

- Érosion de la surface de roulement par les eaux de ruissellement ;
- Pentés longues et/ou trop fortes permettant à l'eau d'atteindre la vitesse critique d'érosion (vitesse au delà de laquelle les phénomènes d'érosions commencent à se manifester) ;
- Matériaux peu cohérents donc sensibles à l'érosion ;
- Assainissement défectueux : fossé sous dimensionné, exutoires inexistants ou trop rares ;

- Mauvais entretien des accotements : la poussée anarchique de végétation entraîne une élévation du niveau des accotements par suite de l'accumulation de terres et de débris végétaux, renvoyant ainsi l'eau sur la chaussée où elle s'écoule ;
 - Ecoulement d'eau au niveau des ornières.
- **Evolutions possibles** : Les petites ravines, s'approfondissant de façon continue, évoluent jusqu'à devenir de véritables tranchées infranchissables par la circulation automobile, constituant ainsi un véritable danger pour les usagers.
- **Remèdes** : On a souvent recours au reprofilage (cf. IV.1.1), à la réfection localisée par point à temps (cf. IV.1.3) ou au rechargement (cf. IV.1.1) pour corriger les ravinements.

IV.2.3. Les nids de poule

- **Description** : Ce sont des cavités de forme arrondie à bords plus ou moins francs à la surface de la couche de roulement. Ils sont caractérisés par une éjection de quantités importantes de matériaux de la couche de roulement et ont souvent tendance à s'agrandir rapidement et à se propager en chapelets.



Figure IV.8 : Nid de poule illustré par la flaque d'eau Figure IV.9 chapelet de nids de poules

- **Causes** :
- Arrachements localisés de matériaux (cailloux) constituant par conséquent le point de départ de la formation de nids de poule ;
 - Sol de plateforme de qualité insuffisante ;
 - Irrégularité et mauvais compactage du matériau de surface ;
 - Mauvaises conditions de drainage et d'assainissement.

➤ **Evolutions possibles** : Le défaut croit avec le débit du trafic et avec l'agressivité des véhicules entraînant un approfondissement et un élargissement des trous. Leur formation est d'autant plus rapide et fréquente que la fondation est insuffisante et, par conséquent, les déflexions importantes et les couches superficielles davantage sollicitées. Il s'en suit une accumulation d'eau pendant la saison des pluies fragilisant ainsi le corps de la chaussée et constituant une gêne pour la circulation.

➤ **Remèdes** : On a souvent recours au reprofilage (cf. paragraphe IV.1.1), à la réparation localisée par point à temps (cf. paragraphe IV.1.3) ou au rechargement (cf. paragraphe IV.1.1) pour corriger les nids de poule.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de constater que les chaussées non revêtues sont soumises à des phénomènes de dégradations moins nombreuses que ceux des chaussées revêtues. Cependant, l'absence de revêtement fait qu'elles sont plus susceptibles aux aléas du temps et du trafic. Les illustrations présentées ici ont été extraites de rapports d'inspections réalisées sur le réseau non revêtu du Sénégal. Elles doivent ainsi faire l'objet d'une attention particulière lors de leur réalisation (choix des matériaux et assainissement notamment). Les opérations d'entretien doivent donc être aussi fréquentes que précises.

Chapitre V : ETUDE DES DEGRADATIONS DANS LA REGION DE THIES

INTRODUCTION

Le but de ce chapitre est de faire une étude des dégradations constatées dans la région de Thiès. Les informations obtenues à partir de la base de données de l'AATR portent sur les rapports d'inspections sommaires (IS) effectuées dans la région en 2007.

Nous commencerons donc par une brève présentation des méthodes d'évaluation utilisées dans ces rapports afin de mieux les comprendre pour une bonne exploitation et ensuite procéder à l'étude proprement dite pour la région de Thiès.

V.1. Généralités sur les procédures d'inspection

Pour élaborer un programme de travaux d'entretien, la décision a été prise de suivre périodiquement l'état des dégradations et des capacités portantes des chaussées, de relever la géométrie du réseau routier et d'assurer une meilleure connaissance de la demande de transport, sa répartition et sa composition sur l'ensemble du réseau routier classé. Pour y arriver, les inspections sommaires sont effectuées régulièrement afin de recueillir toutes les informations nécessaires à l'alimentation de la base de données. Ainsi, des relevés concernent l'environnement naturel et économique de la route ainsi que les données techniques sur son état de dégradation à savoir :

- les travaux d'entretien précédents (renforcement ou entretien Périodique et en particulier l'élargissement);
- la moyenne des précipitations mensuelles observées sur les cinquante dernières années à compter de 1956 ;
- le découpage en zone climatique.

Pour caractériser l'état des dégradations rencontrées sur les routes (ce qui nous intéresse le plus dans ces rapports), deux méthodes ont été utilisées : la méthode VIZIR pour les routes revêtues et la méthode VIZIRET pour les routes non revêtues.

V.1.1. La méthode VIZIR [3]

Elle prend les dégradations suivantes en leur affectant une note suivant le niveau de service rencontré. On obtient ainsi :

➤ déformations

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant.
1	(Etat Bon) : déformation < 2 cm.
2	(Etat moyen) : déformation comprise entre 2 et 4 cm
3	(mauvais) : déformation > 4 cm affectant la sécurité de l'utilisateur.

Tableau V.1 : Niveaux de gravité des déformations

➤ fissurations

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant.
1	(Etat Bon) : déformation < 2 cm.
2	(Etat moyen) : déformation comprise entre 2 et 4 cm.
3	(mauvais) : déformation > 4 cm affectant la sécurité de l'utilisateur.

Tableau V.2 : Niveaux de gravité des fissurations

➤ faïençage

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant.
1	(Bon) : faïençage fin sans départ de matériaux, maillage large (> 50 cm).
2	(moyen) faïençage plus serré (< 50 cm) avec parfois départ de matériaux, arrachements et nids de poule en formation
3	(mauvais) : faïençage très ouvert, découpage en pavés (< 20 cm) avec parfois départ de matériaux.

Tableau V.3 : Niveaux de gravité du faïençage

➤ **réparations**

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant.
1	(Bon) réparation de tout ou partie du corps de chaussée ou intervention de surface liée à des défauts de type B
2	(moyen) intervention de surfaces liées à des défauts de type A et tenue satisfaisante de la réparation
3	(mauvais) Intervention de surfaces liées à des défauts de type B et dégradations apparaissant sur la réparation elle-même.

Tableau V.4 : Niveaux de gravité des réparations

➤ **nids de poule**

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant.
1	(Bon) quantité < 5 (pour 100m de chaussée) et taille Φ 30 max
2	(moyen) quantité 5 à 10 (pour 100m de chaussée) et taille Φ 30 ou quantité < 5 et Φ 100
3	(mauvais) quantité > 10 (pour 100m de chaussée) et Φ 30 ou quantité 5 à 10 et Φ 100

Tableau V.5: Niveaux de gravité des nids de poules

➤ **arrachement et mouvement de matériaux** (désenrobage – plumage – pelade-ressuage)

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inéxistant
1	(Bon) ponctuels sans apparition de la couche de base
2	(moyen) continus ou ponctuels avec apparition de la couche de Base
3	(mauvais) continu avec apparition de la couche de base

Tableau V.6: Niveaux de gravité des arrachements et mouvement de matériaux

A partir de ces indices, on calcule l'indice visuel global établi sur une longueur donnée de route et qui va la caractériser. L'indice est donc calculé à partir de trois groupes de dégradations:

- fissuration et faïençage ;
- déformation et orniérage ;
- réparations.

On calcule d'abord un indice de fissuration I_f qui dépend de la gravité et de l'étendue de la fissuration ou du faïençage sur la longueur de route considérée. Lorsqu'il y a à la fois fissuration et faïençage on prend la plus forte des deux valeurs.

On calcule ensuite un indice de déformation I_d qui de la même manière dépend de la gravité et de l'étendue de la déformation et de l'orniérage.

La combinaison de I_f et I_d donne un premier indice qui qualifie la chaussée ; le cas échéant celui-ci peut être corrigé en fonction de la gravité et de l'étendue de certaines réparations. On a indiqué en effet que certaines réparations masquaient une déficience de la chaussée et étaient donc utilisées comme facteur aggravant dans l'estimation de la qualité de surface.

Après cette correction on aboutit à un indice global de dégradation I_s qui qualifie la chaussée sur la longueur choisie pour le calcul. L' I_s varie de 1 à 7.

- Les notes **1 et 2** correspondent à de bons états de surface ne nécessitant pas (ou à la limite de faire) de travaux.
- Les notes **3 et 4** correspondent à des états de surface assez moyens, suffisamment mauvais pour déclencher les opérations d'entretien en dehors de toute autre considération.
- Les notes **5, 6 et 7** correspondent à de très mauvais états de surface nécessitant de gros travaux d'entretien ou de renforcement.

Les différentes étapes de notation sont représentées dans le tableau suivant.

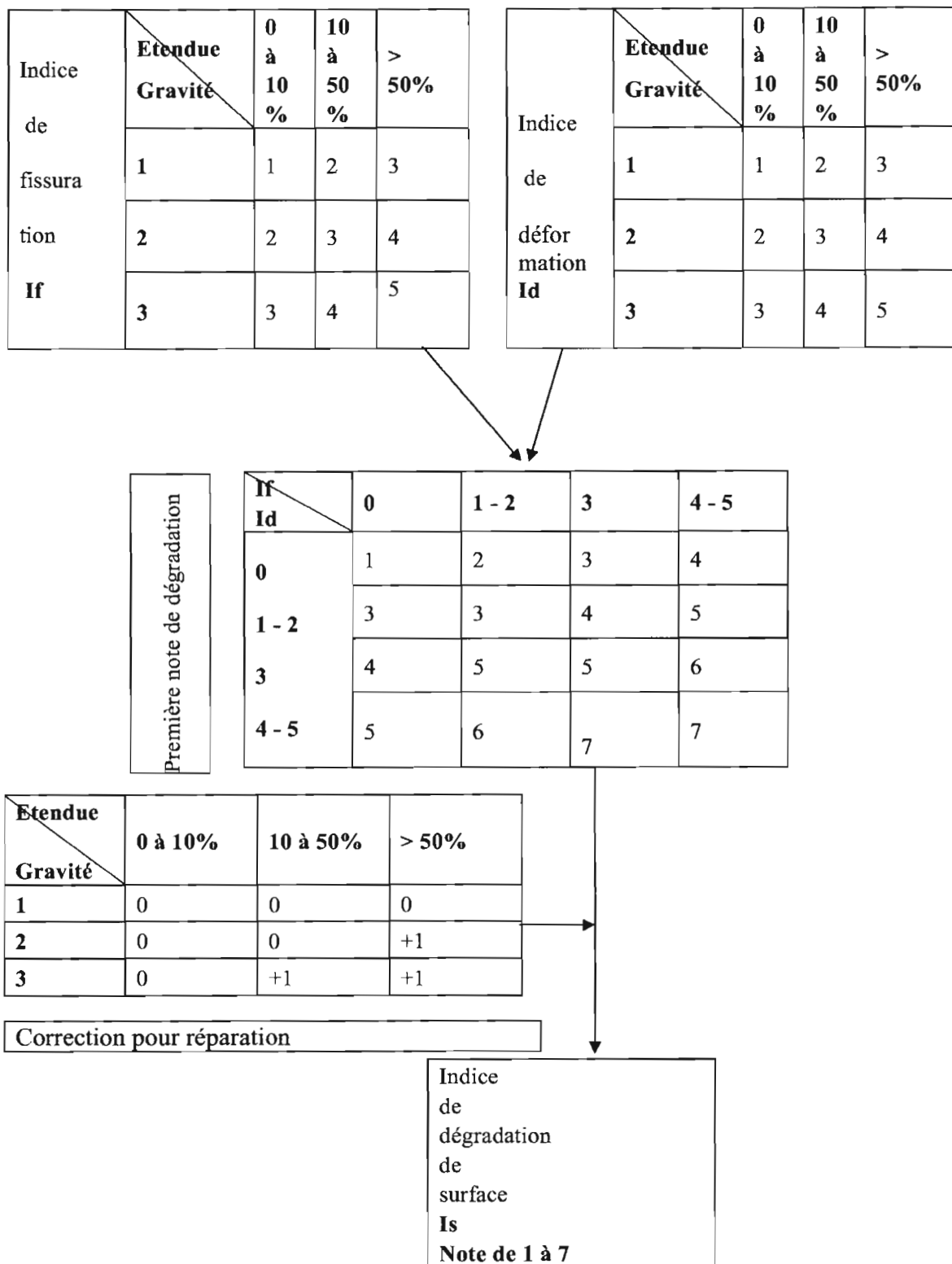


Tableau V.7: Mode de calcul des indices de surface

Remarque : Il faut préciser que la classification adoptée par la méthode VIZIR n'est pas la même que celle proposée par le présent catalogue, cependant les dégradations traitées ont toutes été exposées par ce dernier. Ainsi, dans la méthode, les faïençages ont été séparés des fissurations. Cela se comprend dans la mesure où les méthodes de quantification diffèrent. C'est le même raisonnement qui a été reconduit pour les nids de poule par rapport aux arrachements.

V.1.2. La méthode VIZIRET [4]

Le procédé adopté est identique au VIZIR et les dégradations sont notées comme suit :

➤ Tôle ondulée

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant
1	profondeur < 2 cm
2	profondeur 2 à 5 cm
3	profondeur > 5 cm

Tableau V.8: Niveaux de gravité de la tôle ondulée

➤ Déformations

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant
1	profondeur < 5 cm
2	profondeur 5 à 10 cm
3	profondeur > 10 cm

Tableau V.9: Niveaux de gravité des déformations

➤ Ravine

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant
1	profondeur < 5 cm
2	profondeur 5 à 10 cm
3	profondeur > 10 cm

Tableau V.10: Niveaux de gravité des ravines

➤ **Nids de poule**

Ce sont des nids de poule de dimensions supérieures à 20 cm en longueur et largeur et suffisamment limitées pour ne pas être confondues avec des déformations :

Niveau de gravité	Etat de dégradation
0	Inexistant
1	rare, la trajectoire d'un véhicule reste rectiligne et sa vitesse n'est pas réduite ;
2	assez fréquents, trajectoire des véhicules légèrement sinueuse, vitesse ralentie
3	très fréquents, trajectoire des véhicules difficile, vitesse très réduite, les nids de poule ayant à ce stade vraisemblablement atteint des dimensions qui ne permettent pas de les distinguer des déformations.

Tableau V.11: Niveaux de gravité des nids de poule

A chaque niveau de gravité d'une dégradation correspond une nécessité d'entretien. Ainsi, on obtient le tableau de correspondance suivant :

Niveau de Gravité	Caractérisation du niveau de gravité	Nature des travaux d'entretien
<i>Niveau 0</i>	Absence de dégradation	Entretien de routine
<i>Niveau 1</i>	Légère dégradation peu sensible à l'utilisateur	Reprofilage léger avec ou sans point à temps
<i>Niveau 2</i>	Dégradation soutenue et sensible à l'utilisateur	Reprofilage lourd avec ou sans apport de matériaux
<i>Niveau 3</i>	Dégradation très forte	Rechargement ou reconstruction

Tableau V.12 : Liaison entre niveau de gravité d'une dégradation et travaux d'entretien.

A partir des indices des différentes dégradations, on donne à la route l'indice de viabilité IQS (Indice de Qualité Structurelle) qui est égal à l'indice maximum de dégradation des quatre familles précitées.

V.2. Etude du réseau de la région de Thiès

V.2.1. Présentation de la région

La région de Thiès se situe au centre du Sénégal et dans ce qu'il est convenu d'appeler le vieux bassin arachidier du Sénégal. La pluviométrie moyenne est de 300 à 500 mm pour une durée de saison de 3 mois. Les températures varient de 21 à 36 °C. La circulation motorisée est estimée à 1 291 644 véhicules par an avec un trafic lourd de 167361 PL. (Cf. tableau I.4).

V.2.2. En réseau Revêtu

Les résultats exploités sont tirés du rapport d'inspection effectué par Polyconsult Ingénierie en 2007.

V.2.2.1. Présentation des résultats des tronçons étudiés

Le linéaire total inspecté par le bureau d'étude dans la région de Thiès est de **406,215 km**. Pour notre étude, on s'est intéressé à quelques tronçons dont l'état permettait de constater plusieurs dégradations.

❖ Route D 700 : km 50- Mbayack-Kayar

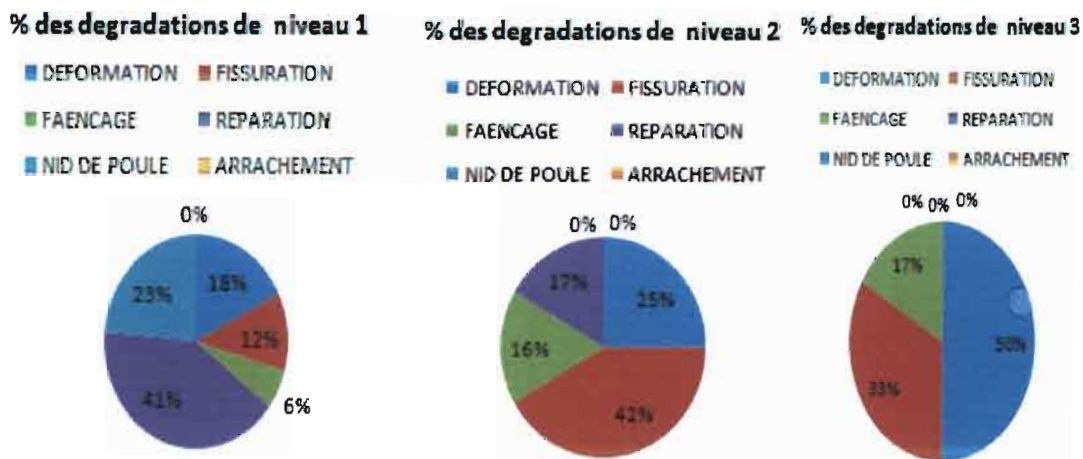


Figure V.1 : diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°1

Commentaires :

On constate que les dégradations de niveau 1 (moins graves) sont les plus fréquentes sur la route. Elles sont dominées par les réparations, les nids de poule et un enfin les déformations. Le niveau 2 est par contre caractérisé par des fissurations et des

déformations. Enfin le niveau 3 (plus grave pour la sécurité des usagers) est moins fréquent et est dominé par les déformations, puis les fissurations et du faïencage. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les déformations, les fissurations et les réparations. L'indice de surface IS correspondant est de 5 c'est-à-dire que la route est dans un mauvais état de surface nécessitant de gros travaux d'entretien ou de renforcement. L'histogramme (cf. Annexe A1) nous renseigne aussi que les défauts ont été constatés particulièrement entre les PK 0 et 7. Les documents précisent que cette partie est revêtue en enduit superficiel en bicouche sablé et qu'à partir du PK 7 on a une succession d'enrobé dense et d'enduit.

❖ **Route D 0703 : Fass Boye-Darou Fall-Mèckhè-Pékessè-Thilmakha**

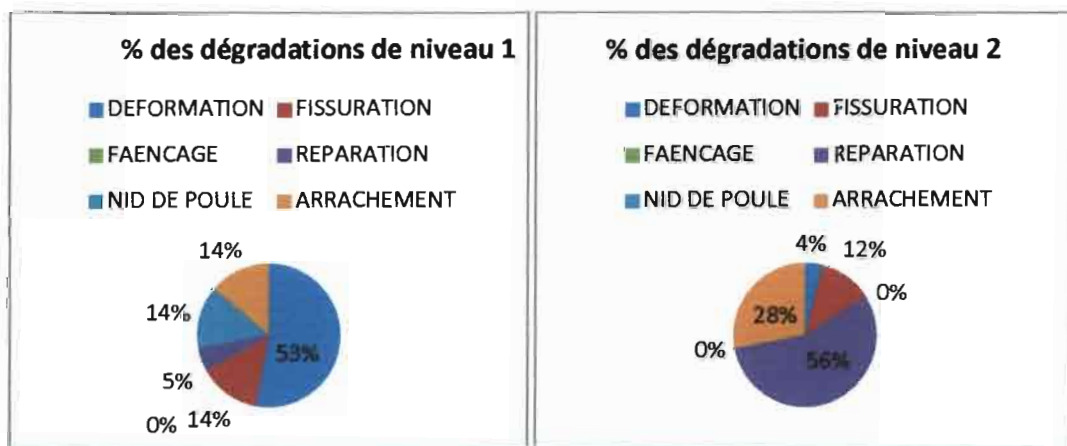


Figure V.2 : diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°2

Commentaires :

On constate ici aussi que les dégradations de niveau 1 sont les plus fréquentes. Elles sont dominées par les déformations, les nids de poule, les fissurations et les arrachements. Le niveau 2 est par contre caractérisé par des réparations et des arrachements. Enfin le niveau 3 (plus grave pour la sécurité des usagers) est absent sur la route.

Les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les réparations, les déformations et les arrachements. L'indice de surface IS correspondant est de 6 c'est-à-dire que là aussi, la route est dans un mauvais état de surface nécessitant de gros travaux d'entretien ou de renforcement. Cet indice est plus dû à la fréquence des dégradations qu'à leurs gravités. En effet on constate avec l'histogramme (cf. Annexe A2) une présence très serrée des diverses dégradations.

❖ **Route D0705 : Mbour-Joal-Ndianda-Ngénienne-Thiadiaye-Fissel-Ndangalma**

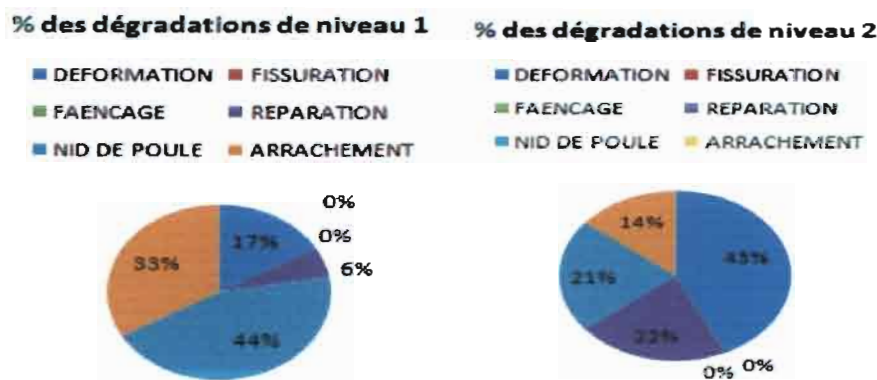


Figure V.3: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°3

Commentaires :

Les dégradations de niveau 1 sont encore prédominantes. Elles sont constituées de nids de poule, d'arrachements et de déformations. Le niveau 2 est par contre caractérisé par des déformations, des réparations et des nids de poule. Enfin le niveau 3 est absent sur la route.

Les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont donc les nids de poule, les déformations et les arrachements. Elles sont cependant concentrées entre les PK 35 et 42. L'indice de surface IS correspondant est de 3, c'est-à-dire que la route est dans un état de surface moyen, suffisamment dégradé pour déclencher des travaux d'entretien en dehors de toute autre considération.

❖ **D0707 : Ngaparou-Carrefour Saly**

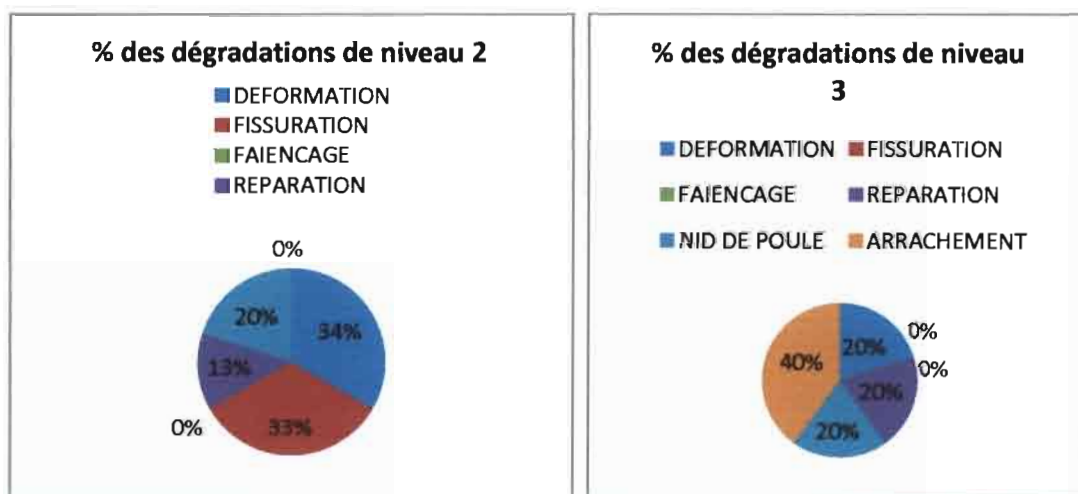


Figure V.4: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°4

Commentaires :

Les dégradations de niveau 2 sont pour une fois prédominantes. Elles sont constituées de déformations, de fissurations et de nids de poule. Le niveau 3 est par contre caractérisé par des arrachements, suivis des déformations, des réparations et des nids de poule.

Les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont donc les déformations, les arrachements et les nids de poule. Elles sont assez espacées permettant d'abaisser l'indice de surface IS correspondant, qui est de 4, c'est-à-dire que la route est dans un état de surface moyen, suffisamment dégradé pour déclencher des travaux d'entretien en dehors de toute autre considération.

❖ **Route R0070B : Mbaye Mbaye -D703-Darou Fall-R30**

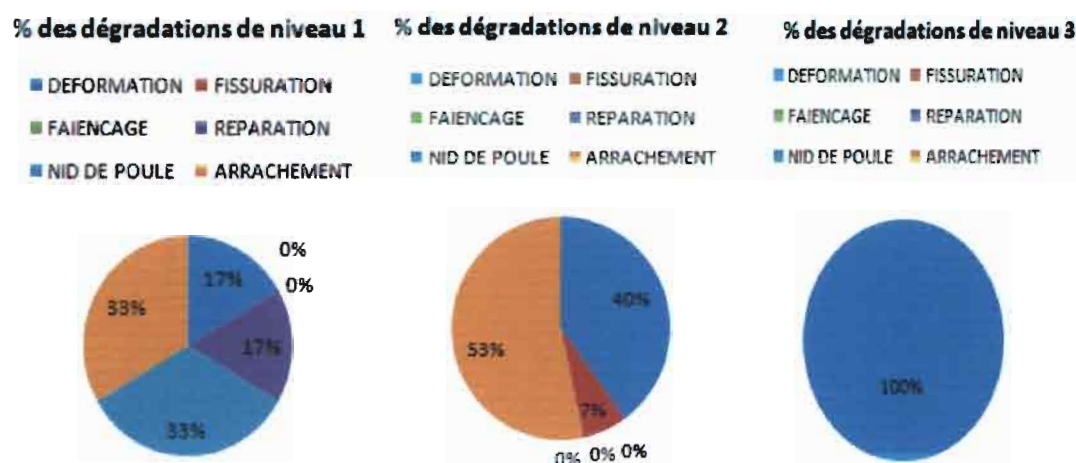


Figure V.5: diagramme de répartition des dégradations par niveau de gravité N°5

Commentaires :

On constate ici que les dégradations de niveau 2 sont les plus fréquentes. Elles sont dominées par les déformations et les arrachements. Le niveau 1 est par contre caractérisé par les nids de poules, les arrachements, les déformations et les réparations. Enfin le niveau 3 est dominé par les déformations.

Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les déformations, les arrachements et les nids de poules. L'indice de surface IS correspondant est de 5 c'est-à-dire que là aussi route est dans un mauvais état de surface nécessitant de gros travaux d'entretien ou de renforcement.

❖ **Route R0070 : Mbayack-Notto-mboro**

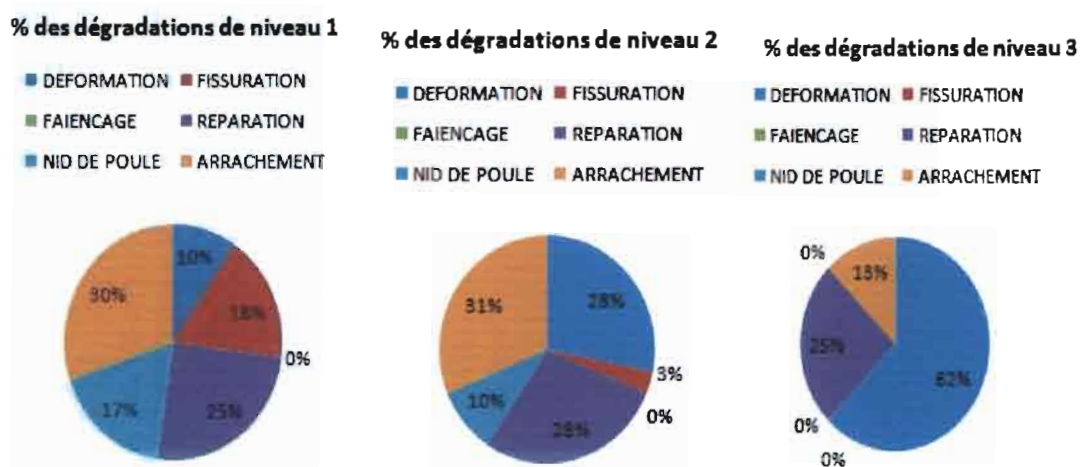


Figure V.6: diagramme de répartition des dégradations par niveau de gravité N°6

Commentaires :

On constate ici que les dégradations de niveau 1 sont les plus fréquentes. Elles sont dominées par les arrachements, les réparations, les fissurations et les nids de poule. Le niveau 2 est par contre caractérisé par les arrachements, par les réparations et les déformations. Enfin le niveau 3 est moins fréquent et est dominé par les déformations et les réparations. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les déformations, les réparations et les arrachements. L'indice de surface IS correspondant est de 5 c'est-à-dire que là aussi, la route est dans un mauvais état de surface nécessitant de gros travaux d'entretien ou de renforcement.

❖ **RN0003 : Thiès-Diourbel-Touba-dahra-Linguère**

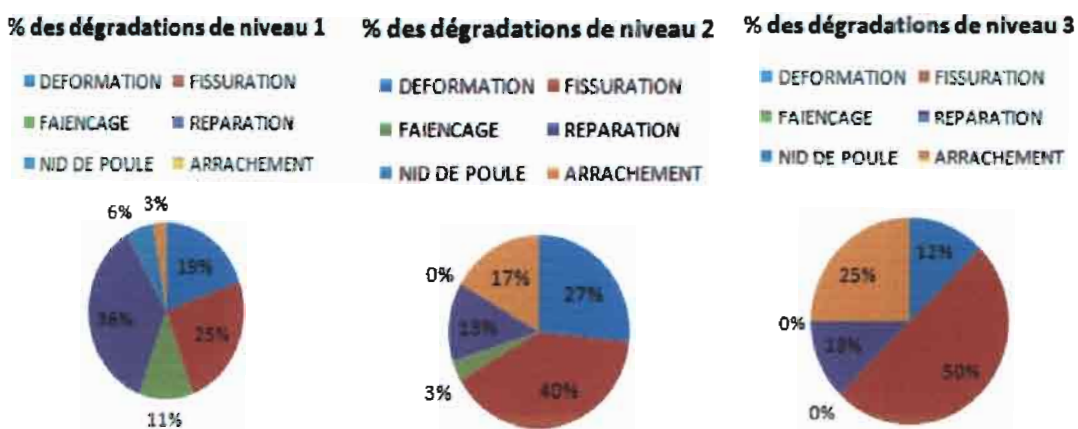


Figure V.7: diagramme de répartition des dégradations par niveau de gravité N°7

Commentaires :

On constate que les dégradations de niveau 1 sont les plus fréquentes sur la route. Elles sont dominées par les réparations, les fissurations et enfin les déformations. Le niveau 2 est par contre caractérisé par des fissurations et des déformations. Enfin le niveau 3 est moins fréquent et est dominé par les fissurations, puis les arrachements, les déformations et les réparations. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les fissurations, les réparations et les déformations. L'indice de surface IS correspondant est de 4 c'est-à-dire que la route est dans un état de surface moyen, suffisamment dégradé pour déclencher des travaux d'entretien en dehors de toute autre considération.

V.2.2.3. Analyses et commentaires

a) Etat général des dégradations constatées

Il ressort des commentaires effectués sur chacune des routes inspectées que les familles de dégradations les plus fréquemment rencontrées dans la région de Thiès sont classées comme suit :

- ✓ Les déformations ;
- ✓ Les arrachements (nids de poules inclus) ;
- ✓ Les fissurations (faïençage inclus).

Comme cela a été précisé au chapitre II, les déformations constatées intéressent toute la structure des chaussées et sont donc plus dangereuses et plus difficiles à entretenir. Les arrachements et fissurations par contre intéressent plus fortement la couche de surface et sont des dégradations plus faciles à entretenir.

b) Proposition d'entretien

Au vu des différentes dégradations constatées sur les différents tronçons étudiés, il en découle la nécessité d'utiliser de gros travaux d'entretien ou de renforcement. Ces travaux d'entretien dépendront en grande partie des dégradations concernées et sont exposés au chapitre III. Par exemple, les ornières nécessiteront comme travaux d'entretien le reprofilage dans les ornières avec des matériaux bitumineux (orniérage inférieur à 5 cm) et le rechargement (orniérage supérieur à 5 cm).

c) Conclusion

Ainsi, on peut dire avec précision que les différents types de dégradations (structurelles et non structurelles) se retrouvent sur l'ensemble des tronçons étudiés.

Les résultats des relevés visuels des dégradations qu'on a pu effectuer sur quelques tronçons (à savoir la route Notto- Bayakh, RN003 entre Thiès-Diourbel et la RN002 entre Thiès-Limite Louga) viennent conforter ceux obtenus avec les inspections sommaires. Les principales dégradations obtenues avec les relevés visuels sont : les fissurations (longitudinales, transversales et les faïençages), les déformations (principalement les affaissements et les ornières), les arrachements (principalement les pelades, les nids de poule, les épaufrures et quelques plumages) et les mouvements de matériaux (principalement le ressuage).

V.2.3. En réseau Non Revêtu

V.2.3.1. Présentation des résultats

❖ **Route D0701: Noto-Mont Rolland-Thiès-Kissane-Sindia-Popenguine**

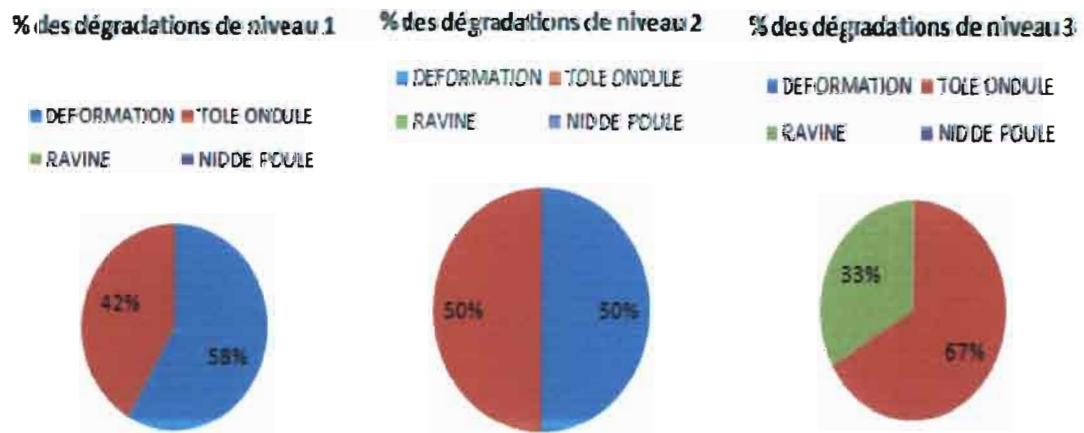


Figure V.8: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°8

Commentaires

On constate que les dégradations de niveau 1 (moins graves) sont les plus fréquentes. Elles sont dominées par les déformations et la tôle ondulée. La même situation est constatée au niveau 2. Enfin le niveau 3 (plus grave pour la sécurité des usagers) est caractérisé par la tôle ondulée et les ravines. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont

la tôle ondulée, les déformations et les ravines. L'indice de Qualité Structurale (IQS) correspondant est de 2, caractéristique d'une dégradation soutenue et sensible à l'usager et pouvant être traitée par un reprofilage lourd avec ou sans apport de matériaux.

❖ **Route D0703: Fass Boye-Darou Fall-Sine-Mékhé-Pékessé-Thilmakha-Lim. R. Diourbel**

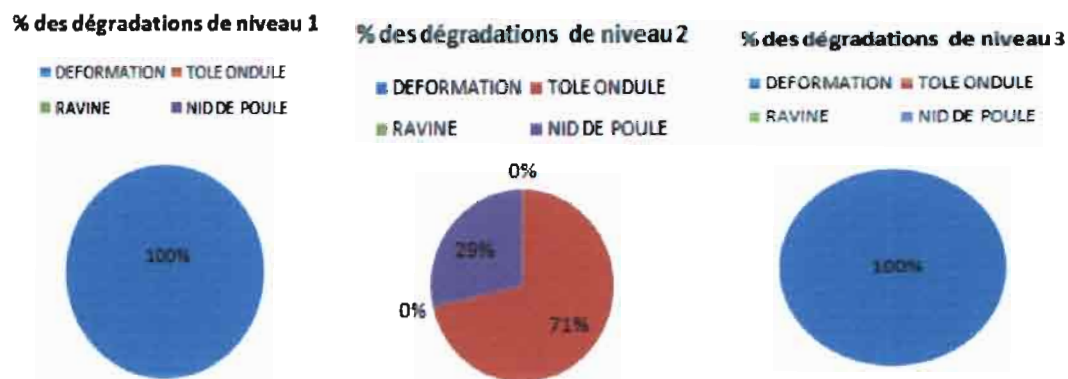


Figure V.9: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°9

Commentaires

On constate que les dégradations de niveau 2 sont les plus fréquentes. Elles sont dominées par la tôle ondulée et les nids de poule. Les niveaux 1 et 3 sont par contre caractérisés par les déformations. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les déformations, la tôle ondulée et les nids de poule. L'indice de Qualité Structurale (IQS) correspondant est de 3, caractéristique d'une dégradation forte et pouvant être traitée par un rechargement ou une reconstruction.

❖ **Route P0601: Joal-Keur sambadia-ndangane**



Figure V.10: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°10

Commentaires

On constate que les dégradations de niveau 3 sont les plus fréquentes. Elles sont dominées par les déformations et la tôle ondulée. Le niveau 1 est par contre caractérisé par les nids de poule et les déformations. Enfin le niveau 2 est dominé par la tôle ondulée et les déformations. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les déformations, la tôle ondulée et les nids de poule. L'indice de Qualité Structurale (IQS) correspondant est de 3, caractéristique d'une dégradation forte et pouvant être traitée par un rechargement ou une reconstruction.

❖ **Route P0701 : Carrefour N. 1-Ndiayenne sirah**



Figure V.11: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°11

Commentaires

On a une route avec une forte proportion de dégradations de niveau 2 et 3. Le niveau 2 est constitué essentiellement de tôle ondulée et de nids de poule. Le niveau 3 est également très présent avec une prédominance de déformations et quelques nids de poule. Enfin le niveau 1 est marqué par la présence de déformations. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les déformations, la tôle ondulée et les nids de poule. L'indice de Qualité Structurale (IQS) correspondant est de 3, caractéristique d'une dégradation très forte nécessitant un rechargement ou une reconstruction.

❖ **Route D0705 : Mbour-Joal-Ndianda-ngéniène-Thiadiaye-Fissel-Ndangalma**

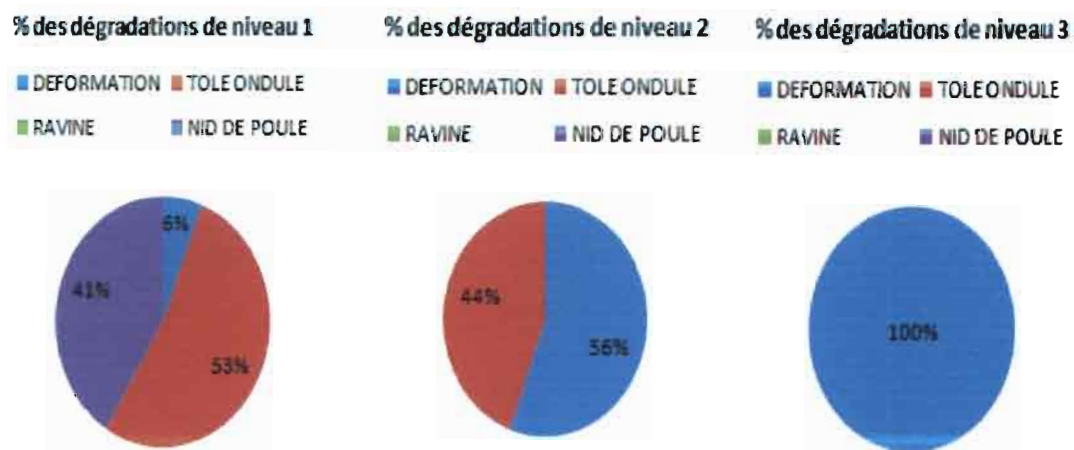


Figure V.12: diagrammes de répartition des dégradations par niveau de gravité N°12

Commentaires :

On constate une forte proportion de dégradations de niveau 1, marqué par la tôle ondulée et des nids de poule. Le niveau 2 est également très présent avec une prédominance de déformations sur la tôle ondulée. Enfin le niveau 3 constitué uniquement de déformations. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sont les déformations, la tôle ondulée et les nids de poule. L'indice de Qualité Structurale (IQS) correspondant est de 3, caractéristique d'une dégradation très forte nécessitant un rechargement ou une reconstruction.

V.2.3.2. Analyses et commentaires

a) Etat général des dégradations constatées

Il ressort des commentaires effectués sur chacune des routes inspectées que les familles de dégradations les plus fréquemment rencontrées dans la région de Thiès sont classées comme suit :

- ✓ Les déformations (constituées essentiellement d'ornières) ;
- ✓ La tôle ondulée ;
- ✓ Les nids de poule et ;
- ✓ Les ravines.

b) Proposition d'entretien

Au vu des différentes dégradations constatées sur les différents tronçons étudiés, il en découle la nécessité d'utiliser les techniques d'entretien suivantes : un reprofilage lourd avec ou sans apport de matériaux ou un rechargement ou une reconstruction. Ces travaux d'entretien dépendront en grande partie des dégradations concernées et sont exposés au chapitre IV. Par exemple, les ornières nécessiteront comme travaux d'entretien un reprofilage par apport local de matériaux ou un rechargement.

c) Conclusion

Ainsi, à l'issue de ces études on peut dire que seul les bourbiers n'ont pas pu être constatés. Cela se comprend aisément du fait que c'est la méthode VIZIRET qui a été utilisée lors des inspections sommaires et que celle-ci les considère comme des défauts d'assainissement et non comme des défauts structurels.

Conclusion :

Ainsi à travers ce chapitre, on a pu mettre en application le catalogue précédemment établi sur quelques tronçons de la région de Thiès à travers les données des Inspections Sommaires effectuées. Cependant les méthodes VIZIR et VIZIRET, utilisées pour la quantification des dégradations, n'adoptent pas les mêmes classifications que le catalogue. A titre d'exemple, selon la méthode VIZIR, les nids de poule sont traités séparément des arrachements. Ce qui n'est pas en conformité avec notre classification. Toutefois, il en est ressorti une bonne représentativité de ces dégradations sur l'ensemble de ces tronçons et des techniques d'entretien ont pu être proposées en fonction des indices de surface (pour les chaussées revêtues) et des indices de qualité structurelle (pour les chaussées non revêtues).

Il faut dès lors préciser la non présence des chaussées rigides, du fait qu'elles sont très peu utilisées au Sénégal.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Cette étude avait parmi ses objectifs, entre autre de constituer un recueil où toutes les dégradations susceptibles de se produire sur les chaussées du Sénégal devraient être retrouvées et classées suivant leur mode d'apparition. L'étude devait aussi permettre de situer géographiquement chaque dégradation suivant la fréquence d'apparition dans chaque région.

Pour y arriver, une recherche bibliographique assez étendue a été nécessaire. La consultation de rapports d'inspections ainsi que des descentes sur le terrain ont aussi été déterminantes.

Au final, nous avons pu établir un document dans lequel on a pu décrire toutes les dégradations les plus fréquemment rencontrées. Il ne s'agit aucunement de prétendre que les dégradations proposées dans ce rapport, sont les seules existantes, mais on peut se féliciter du fait qu'à l'exception des remontées de fines, des indentations et du peignage, toutes les dégradations listées ont pu être accompagnées d'illustrations prises sur le réseau. Et ce manque est juste dû à un problème de temps qui n'a pas permis d'effectuer plus de descentes, notamment en saison des pluies pour bien apprécier les phénomènes de remontées de fines.

Aussi, un problème de concordance s'est posé avec les méthodes de quantification des dégradations jusqu'ici utilisées. En effet, la classification en famille proposée ne correspond pas toujours avec celle utilisée par ces méthodes et certaines dégradations proposées ne s'y trouvent pas. Il aurait été donc plus judicieux d'adjoindre au catalogue sa propre méthode de quantification. Toutefois, l'exploitation des résultats des IS basée sur les méthodes VIZIR et VIZIRET, a permis de constater une bonne partie des dégradations étudiées, même si certaines d'entre elles n'ont pas pu être observées du fait de leur non présence sur ces méthodes. En outre, le mode de notation ne permet pas de savoir si les déformations constatées sont le fait d'une ornière, d'un affaissement ou d'un bourrelet.

Aussi, le manque de temps a limité l'étude de cas à la région de Thiès uniquement. Cette étude nous a permis d'apprécier le classement des dégradations dans cette région. Cette étude aurait pu être plus approfondie si nous avions plus d'informations sur les tronçons étudiés ou si le temps avait permis de faire des diagnostics. Il apparaît claire aussi que si cette étude pouvait être élargie à d'autres régions, le catalogue n'en serait qu'enrichi.

Ainsi, nous ferons les recommandations suivantes à ceux qui s'intéresseront au phénomène des dégradations des chaussées :

- Elaborer une méthode de quantification qui tiendra compte toutes les dégradations rencontrées et de la classification en famille ;
- Faire des propositions d'adaptation des méthodes VIZIR et VIZIRET, pour pouvoir intégrer d'autres types de dégradations ;
- Elargir la planche d'illustration, avec d'autres prises effectuées dans diverses zones pour voir l'apparition de chaque dégradation dans diverses conditions ;
- Elaborer un catalogue de dimensionnement des chaussées non revêtues au Sénégal comme il en est pour celles revêtues ;
- Elaborer un guide de l'entretien routier au Sénégal ;
- Procéder à l'application du catalogue sur un tronçon. Une étude complète permettrait de savoir si les causes de dégradations citées ici sont toujours vérifiées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : Conception et dimensionnement des structures de chaussée, LCPC- SETRA, Guide technique, Décembre 1994.
- [2] : La route en terre : Structure et Entretien, Gérard MELLIER, 1968
- [3] : La méthode VIZIR, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 1991
- [4] : Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, 1998
- [5] JEUFFROY, Georges & SAUTEREY, Les chaussées en béton de ciment, Presses ENPC, 1989.
- [6] Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques – Tome 2 Etudes et Construction, Secrétariat d'Étude chargé aux Affaires Étrangères chargé de la coopération, 1975.
- [7] Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques – Tome 3 Entretien et exploitation de la route, Secrétariat d'Étude chargé aux Affaires Étrangères chargé de la coopération, 1975
- [8] Luc GAGNON, Techniques routières, 1981.
- [9] Manuel international de l'entretien routier, Volume II, Routes non revêtues, Association Mondiale de la Route, 1997.
- [10] Manuel international de l'entretien routier, Volume III, Routes revêtues, Association Mondiale de la Route, 1997.
- [11] Autopsie d'une chaussée, LORINO, Tristan. LCPC, fichier .pdf.
- [12] Catalogue des dégradations de surface des chaussées, LCPC, fichier pdf, 1998.
- [13] Catalogue pour la réalisation des relevés visuels de dégradations sur chaussées aéronautiques, Service Technique de l'Aviation Civile, fichier pdf, 2007
- [14] DIOME, Soulye. Cours de ROUTE II, École Supérieure Polytechnique. 2007/2008
- [15] NDIAYE, Assane-SARR, Leger Malé. Etude de la pathologie routière au Sénégal. Projet de Fin d'Étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, ESP Thiès, Juillet 2000.
- [16] DIOUF, Oumar-GUEYE, Khadim. Etude du comportement et de dégradation des chaussées souples au Sénégal : Cas des dentelles de rive. Projet de Fin d'Étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, ESP Thiès, Juillet 2005.
- [17] LANKOANDE, Issaka-OUEDRAOGO, Ahamado. Tôle ondulée et Stabilisation. Mémoire de Fin d'Étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, ENSUT, Juillet 2005.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A : ROUTES REJETUES	2
ANNEXE A1: Route D 700: km 50- Mbayack-Kayar	3
ANNEXE A2: Route D 0703: Fass Boye-Darou Fall- Mèckhè-Pékesse-Thilmakha	5
ANNEXE A3: Route D0705 : Mbour-Joal-Ndianda-Ngénéne Thiadiaye-Fissel Ndangalma	7
ANNEXE A5: Route R0070B : Mbaye Mbaye -D703-Darou Fall-R30	11
ANNEXE A6: Route R0070 : Mbayack-Notto-mboro	13
ANNEXE A7: RN0003 : Thiès-Diourbel-Touba-dahra-Linguère	16
ANNEXE B : ROUTES NON REJETUES	19
ANNEXE B1 : Route D0701: Noto-Mont Rolland-Thiès-Kissane-Sindia-Popenguine	20
ANNEXE B2: Route D0703: Fass Boye-Darou Fall-Sine-Mékhé-Pékesse-Thilmakha-Lim.R. Diourbel	22
ANNEXE B3 : Route P0601: Joal-Keur sambadia-Ndangane	24
ANNEXE B4 : Route P0701 : Carrefour N. 1-Ndiayenne Sirah	26
ANNEXE B5 : Route D0705 : Mbour-Joal-Ndianda-ngénéne-Thiadiaye-Fissel-Ndangalma	28

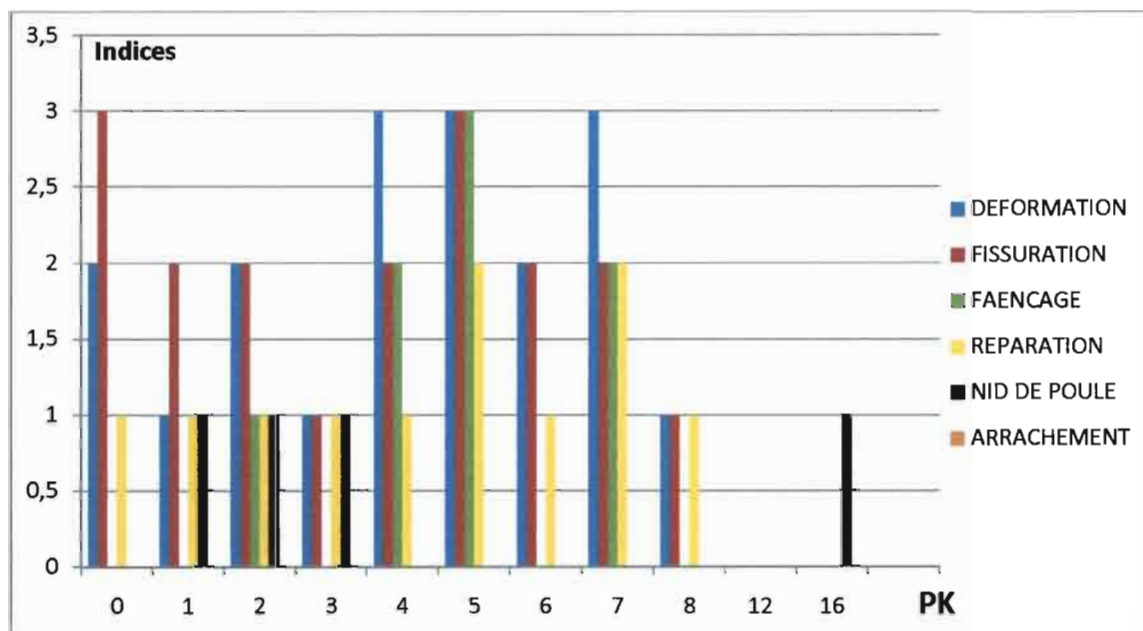
ANNEXES

ANNEXE A : ROUTES REVETUES

ANNEXE A1: Route D 700: km 50- Mbayack-Kayar

PK	DEFORMATION	FISSURATION	FAENCAGE	REPARATION	NID DE POULE	ARRACHEMENT
0	2	3	0	1	0	0
1	1	2	0	1	1	0
2	2	2	1	1	1	0
3	1	1	0	1	1	0
4	3	2	2	1	0	0
5	3	3	3	2	0	0
6	2	2	0	1	0	0
7	3	2	2	2	0	0
8	1	1	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	1	0

Fiche de relevé des dégradations

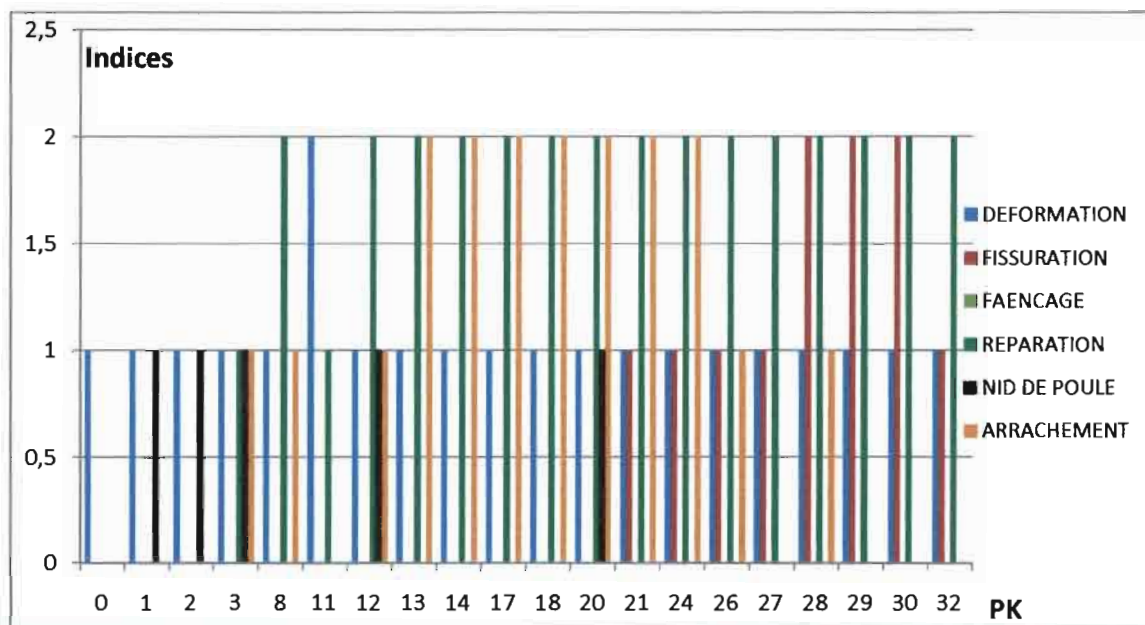


Histogramme de comparaison suivant les PK

**ANNEXE A2: Route D 0703: Fass Boye-Darou Fall- Mèckhè-
Pékesse-Thilmakha**

	PK	DEFORMATION	FISSURATION	FAENCAGE	REPARATION	NID DE POULE	ARRACHEMENT
0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0
2	1	0	0	0	1	0	0
3	1	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	2	0	1	1
11	2	0	0	1	0	0	0
12	1	0	0	2	1	1	1
13	1	0	0	2	0	2	2
14	1	0	0	2	0	2	2
17	1	0	0	2	0	2	2
18	1	0	0	2	0	2	2
20	1	0	0	2	1	2	2
21	1	1	0	2	0	2	2
24	1	1	0	2	0	2	2
26	1	1	0	2	0	1	1
27	1	1	0	2	0	0	0
28	1	2	0	2	0	1	1
29	1	2	0	2	0	0	0
30	1	2	0	2	0	0	0
32	1	1	0	2	0	0	0

Fiche de relevé des dégradations

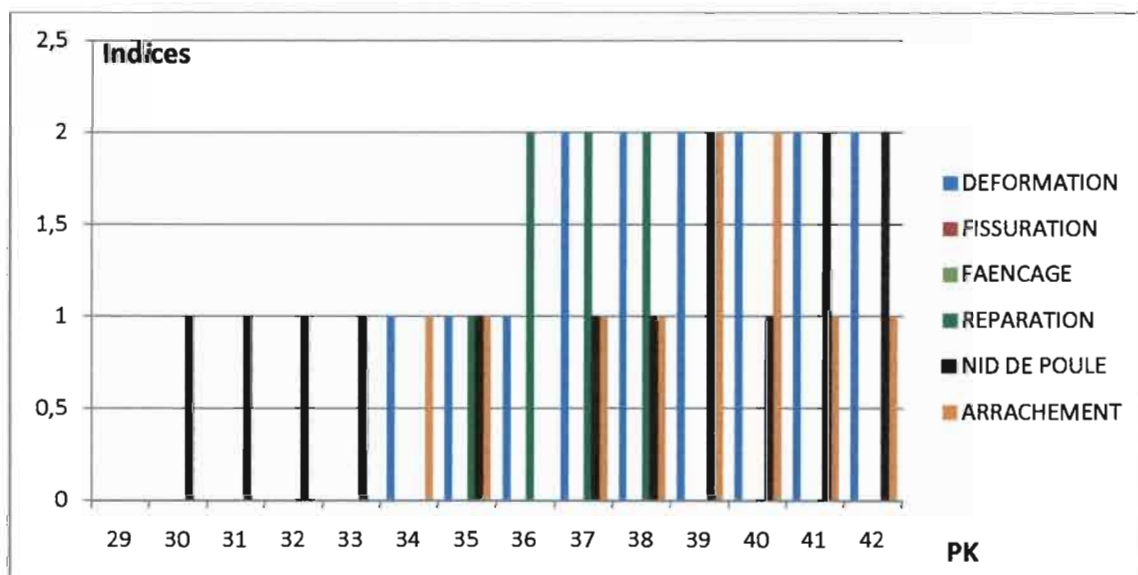


Histogramme de comparaison suivant les PK

**ANNEXE A3: Route D0705 : Mbour-Joal-Ndianda-Ngédiène
Thiadiaye-Fissel Ndangalma**

PK	DEFORMATION	FISSURATION	FAENCAGE	REPARATION	NID DE POULE	ARRACHEMENT
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	1	0
31	0	0	0	0	1	0
32	0	0	0	0	1	0
33	0	0	0	0	1	0
34	1	0	0	0	0	1
35	1	0	0	1	1	1
36	1	0	0	2	0	0
37	2	0	0	2	1	1
38	2	0	0	2	1	1
39	2	0	0	0	2	2
40	2	0	0	0	1	2
41	2	0	0	0	2	1
42	2	0	0	0	2	1

Fiche de relevé des dégradations

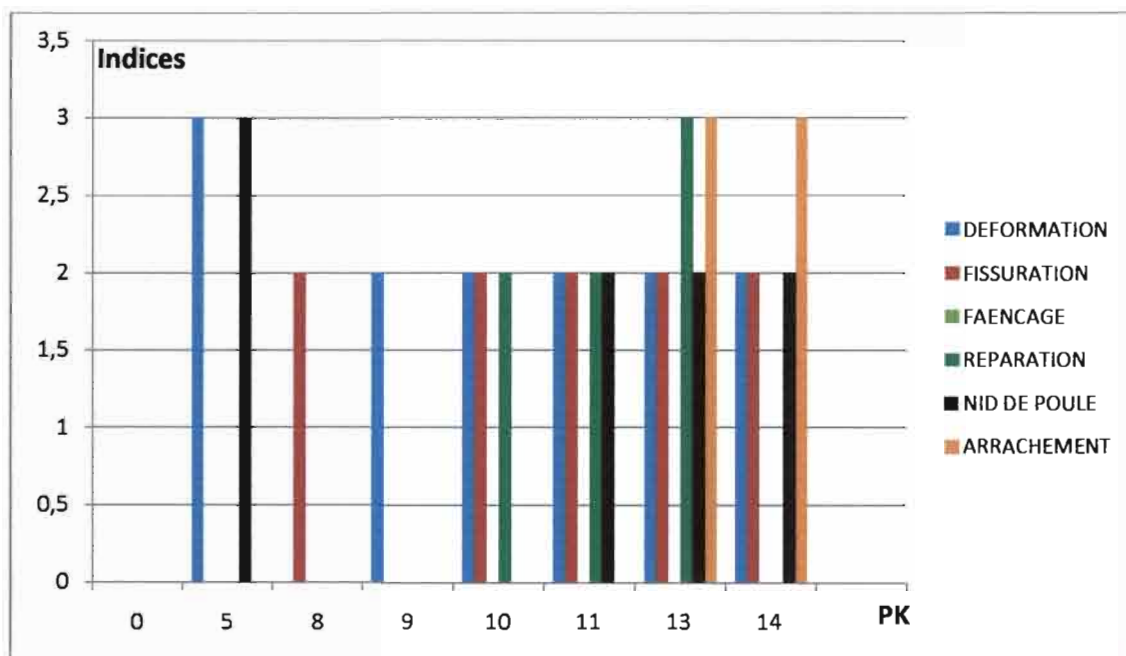


Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE A4: D0707 : Ngaparou-Carrefour Saly

PK	DEFORMATION	FISSURATION	FAIENCAGE	REPARATION	NID DE POULE	ARRACHEMENT
0	0	0	0	0	0	0
5	3	0	0	0	3	0
8	0	2	0	0	0	0
9	2	0	0	0	0	0
10	2	2	0	2	0	0
11	2	2	0	2	2	0
13	2	2	0	3	2	3
14	2	2	0	0	2	3

Fiche de relevé des dégradations

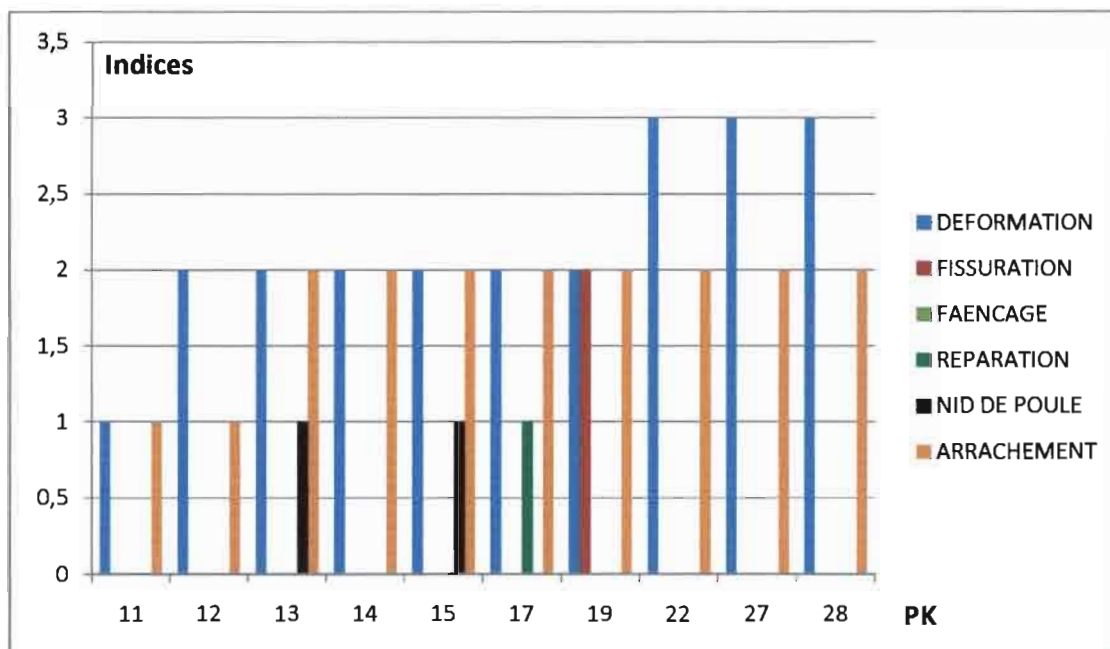


Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE A5: Route R0070B : Mbaye Mbaye -D703-Darou Fall-R30

PK	DEFORMATION	FISSURATION	FAIENCAGE	REPARATION	NID DE POULE	ARRACHEMENT
11	1	0	0	0	0	1
12	2	0	0	0	0	1
13	2	0	0	0	1	2
14	2	0	0	0	0	2
15	2	0	0	0	1	2
17	2	0	0	1	0	2
19	2	2	0	0	0	2
22	3	0	0	0	0	2
27	3	0	0	0	0	2
28	3	0	0	0	0	2

Fiche de relevé des dégradations

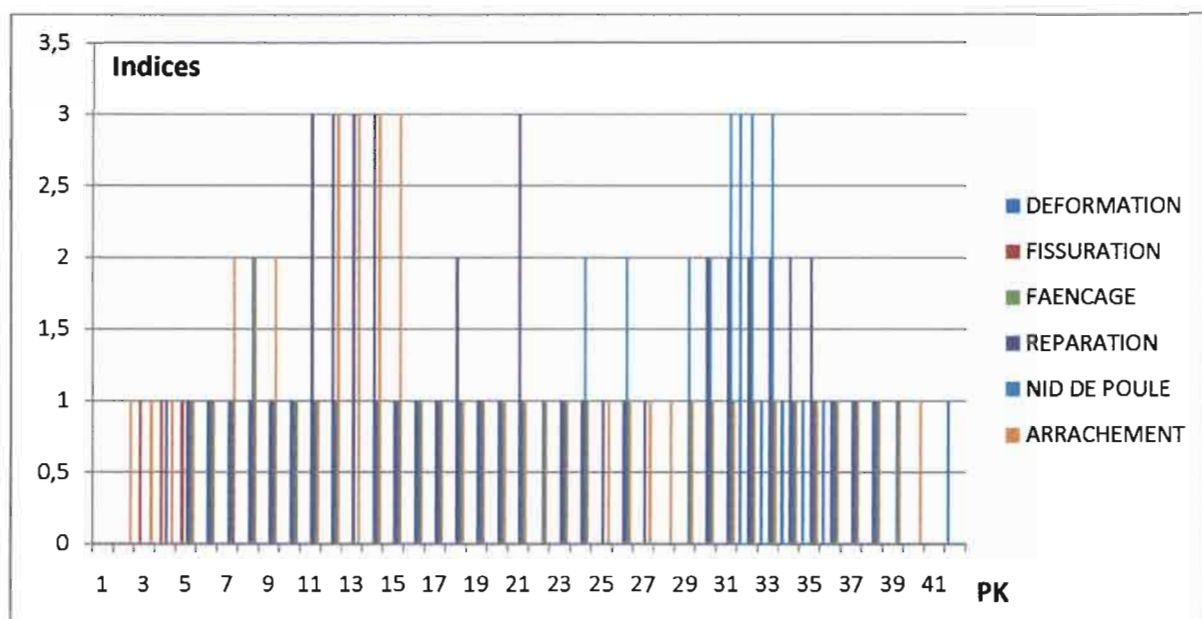


Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE A6: Route R0070 : Mbayack-Notto-mboro

PK	DEFORMATION	FISSURATION	FAIENCAGE	REPARATION	NID DE POULE	ARRACHEMENT
0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1
2	0	0	0	1	1	1
3	0	0	0	2	1	3
4	0	0	0	1	1	2
5	0	0	0	1	1	1
6	0	0	0	1	1	1
7	0	0	0	3	1	1
9	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	1	1	1
11	0	0	0	1	2	1
12	1	0	0	2	1	1
13	0	0	0	0	1	1
14	0	0	0	0	0	1
17	3	2	0	0	0	0
19	1	1	0	0	0	0
20	1	1	0	1	0	2
21	1	1	0	2	0	2
24	1	1	0	2	0	1
25	1	1	0	1	0	1
27	2	1	0	1	0	2
28	3	1	0	2	0	2
29	2	1	0	2	0	2
30	2	1	0	2	2	2
31	3	0	0	2	2	2
32	3	0	0	3	1	2
34	2	0	0	1	0	1
37	2	0	0	2	0	1
39	2	0	0	1	0	1
40	2	0	0	1	0	1
41	2	0	0	1	0	2
44	3	0	0	1	0	1
46	2	0	0	0	0	0

Fiche de relevé des dégradations

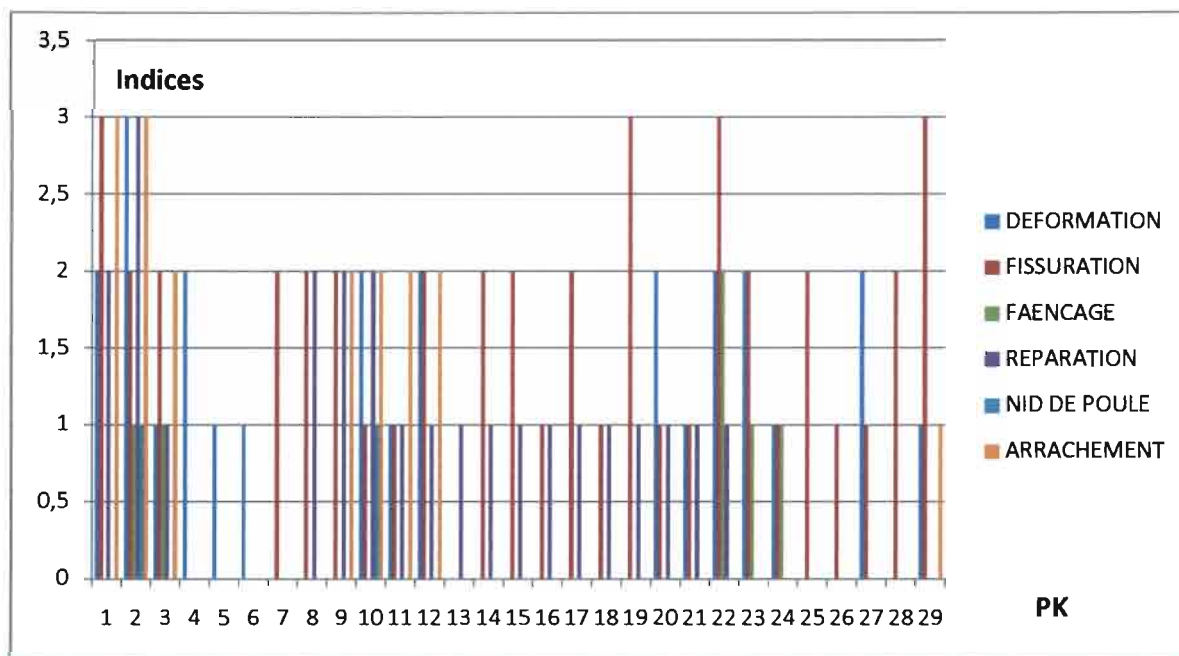


Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE A7: RN0003 : Thiès-Diourbel-Touba-dahra-Linguère

PK	DEFORMATION	FISSURATION	FAENCAGE	REPARATION	NID DE POULE	ARRACHEMENT
0	2	3	0	2	0	3
1	3	2	1	3	1	3
2	1	2	1	1	0	2
3	2	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0
8	0	2	0	0	0	0
9	0	2	0	2	0	0
10	0	2	0	2	0	2
11	2	1	0	2	1	2
12	1	1	0	1	0	2
15	2	2	0	1	0	2
16	0	0	0	1	0	0
17	0	2	0	1	0	0
19	0	2	0	1	0	0
20	0	1	0	1	0	0
21	0	2	0	1	0	0
22	0	1	0	1	0	0
23	0	3	0	1	0	0
25	2	1	0	1	0	0
26	1	1	0	1	0	0
28	2	3	2	1	0	0
29	2	2	1	0	0	0
30	1	1	1	0	0	0
31	0	2	0	0	0	0
32	0	1	0	0	0	0
33	2	1	0	0	0	0
36	0	2	0	0	0	0
37	1	3	0	0	0	1

Fiche de relevé des dégradations



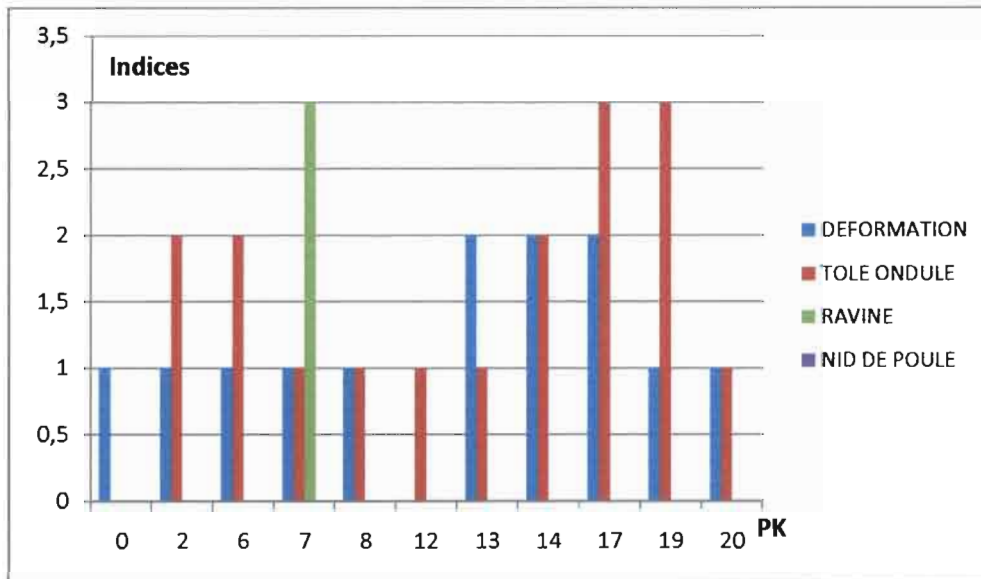
Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE B : ROUTES NON REVETUES

ANNEXE B1 : Route D0701: Noto-Mont Rolland-Thiès-Kissane-Sindia-Popenguine

PK	DEFORMATION	TOLE ONDULE	RAVINE	NID DE POULE
0	1	0	0	0
2	1	2	0	0
6	1	2	0	0
7	1	1	3	0
8	1	1	0	0
12	0	1	0	0
13	2	1	0	0
14	2	2	0	0
17	2	3	0	0
19	1	3	0	0
20	1	1	0	0

Fiche de relevé des dégradations

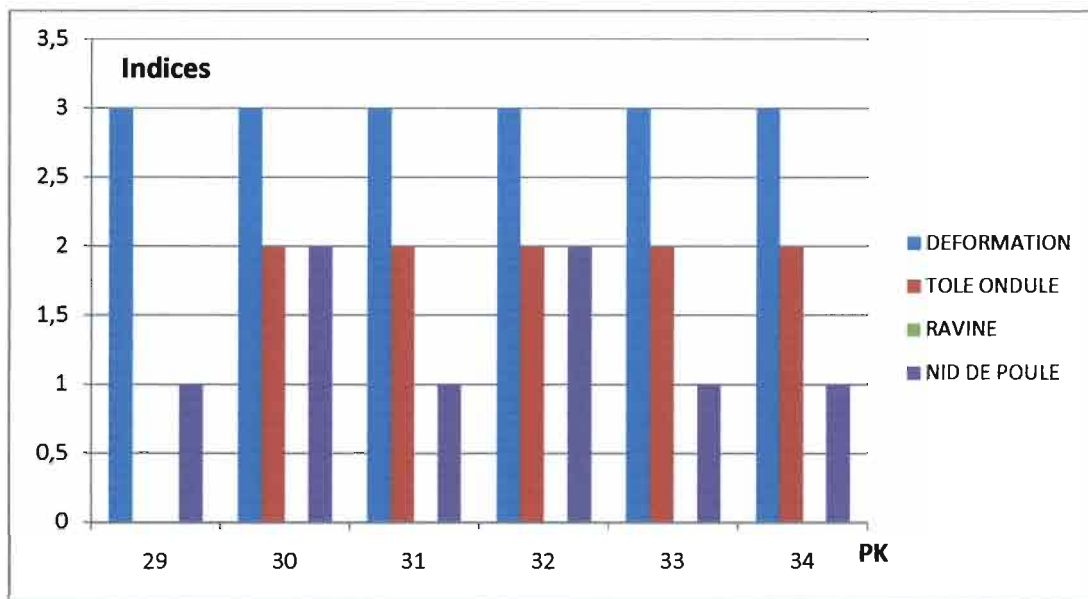


Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE B2: Route D0703: Fass Boye-Darou Fall-Sine-Mékhé-Pékesse-Thilmakha-Lim.R. Diourbel

	PK	DEFORMATION	TOLE ONDULE	RAVINE	NID DE POULE
29	3	0	0	1	
30	3	2	0	2	
31	3	2	0	1	
32	3	2	0	2	
33	3	2	0	1	
34	3	2	0	1	

Fiche de relevé des dégradations

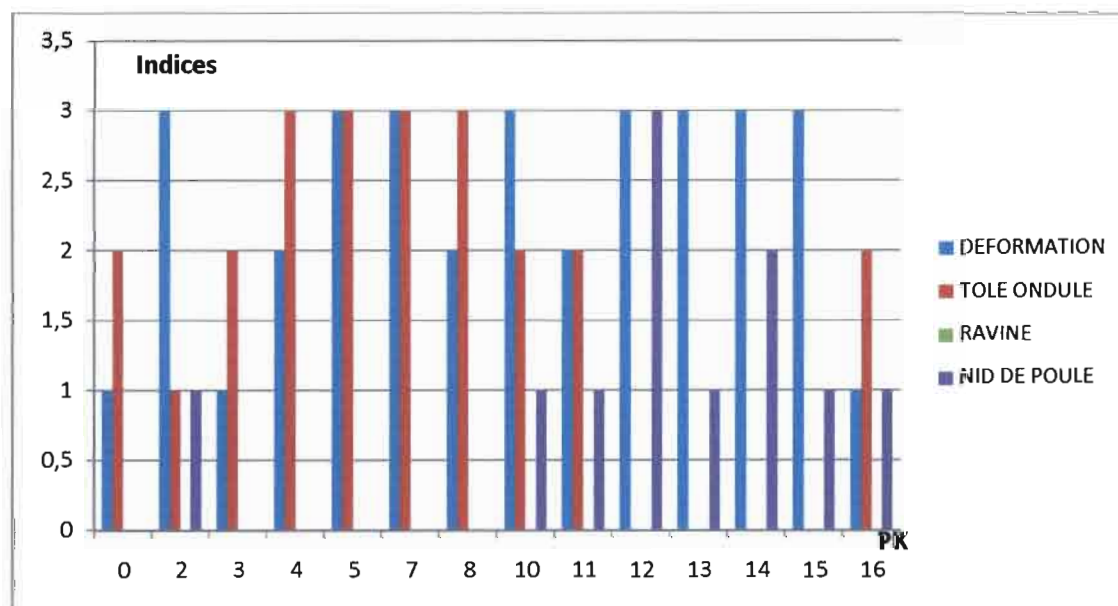


Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE B3 : Route P0601: Joal-Keur sambadia-Ndangane

	PK	DEFORMATION	TOLE ONDULE	RAVINE	NID DE POULE
0	1	2	0	0	
2	3	1	0	1	
3	1	2	0	0	
4	2	3	0	0	
5	3	3	0	0	
7	3	3	0	0	
8	2	3	0	0	
10	3	2	0	1	
11	2	2	0	1	
12	3	0	0	3	
13	3	0	0	1	
14	3	0	0	2	
15	3	0	0	1	
16	1	2	0	1	

Fiche de relevé des dégradations

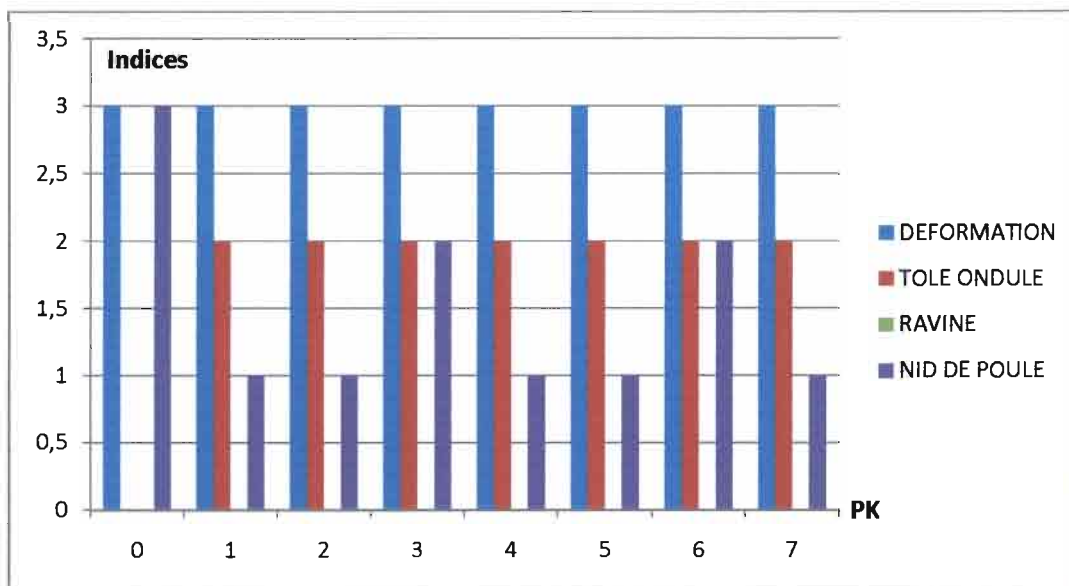


Histogramme de comparaison suivant les PK

ANNEXE B4 : Route P0701 : Carrefour N. 1-Ndiayenne Sirah

PK	DEFORMATION	TOLE ONDULE	RAVINE	NID DE POULE
0	3	0	0	3
1	3	2	0	1
2	3	2	0	1
3	3	2	0	2
4	3	2	0	1
5	3	2	0	1
6	3	2	0	2
7	3	2	0	1

Fiche de relevé des dégradations

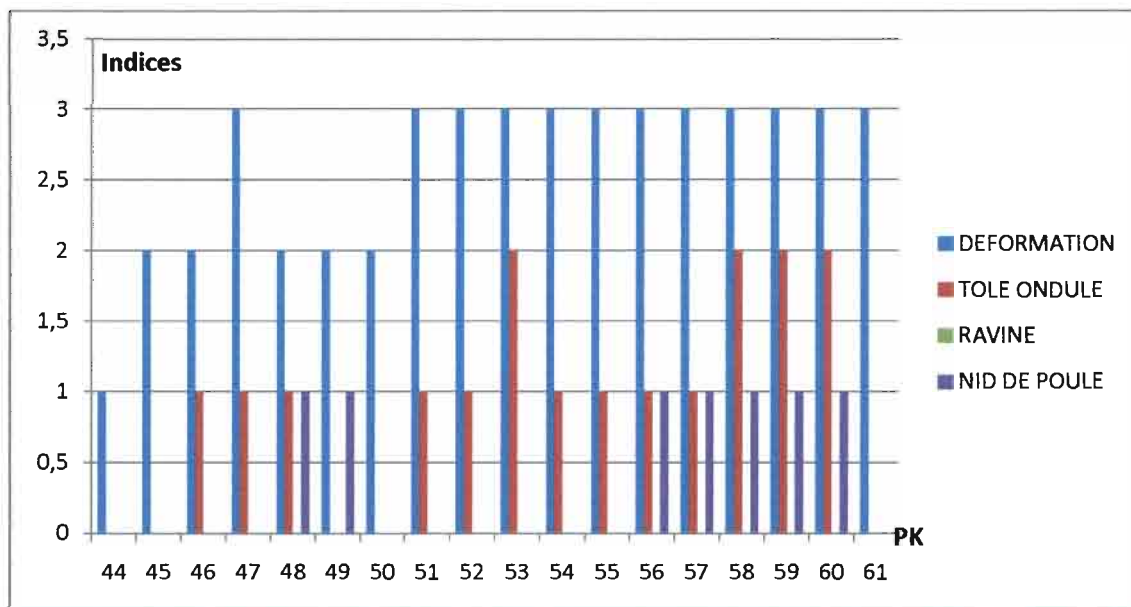


Histogramme de comparaison suivant les PK

**ANNEXE B5 : Route D0705 : Mbour-Joal-Ndianda-ngéniène-
Thiadiaye-Fissel-Ndangalma**

	PK	DEFORMATION	TOLE ONDULE	RAVINE	NID DE POULE
44	1	0	0	0	0
45	2	0	0	0	0
46	2	1	0	0	0
47	3	1	0	0	0
48	2	1	0	1	0
49	2	0	0	1	0
50	2	0	0	0	0
51	3	1	0	0	0
52	3	1	0	0	0
53	3	2	0	0	0
54	3	1	0	0	0
55	3	1	0	0	0
56	3	1	0	0	1
57	3	1	0	0	1
58	3	2	0	0	1
59	3	2	0	0	1
60	3	2	0	0	1
61	3	0	0	0	0

Fiche de relevé des dégradations



Histogramme de comparaison suivant les PK