

**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR**



**ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE CENTRE DE THIES**

**DEPARTEMENT GENIE CIVIL**

## **PROJET DE FIN D'ETUDES**

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION**

**TITRE : PREVISION A LONG TERME DE L'ETAT D'UN RESEAU ROUTIER  
SOUS DIFFERENTES HYPOTHESES DE NIVEAU DE FINANCEMENT (CAS DU  
RESEAU CLASSE DU SENEGAL)**

**Auteur : Toyi Hézouwè BAFEI**

**Directeur interne : M. Souleye DIOME, Enseignant à l'EPT.**

**Directeur externe : M. Lamine CISSE, Chef de la DP / BDR de l'A.A.T.R.**

**- JUILLET 2009 -**

## *DEDICACES*

*A mon père, feu BAFEI Binawè.*

*A ma mère BADABA Pauline.*

*A mes frères et sœurs.*

*A mes professeurs, Mr TCHAKALA Ibrahim et feu BOUTOULI Essozinan.*

*A tous ces hommes et femmes qui ont eu la noble et pénible tâche de m'inculquer le savoir tout au long de mon cursus.*

# *AVANT-PROPOS*

Cette étude sur la « Prévision à long terme de l'état d'un réseau routier sous différentes hypothèses de niveau de financement (cas du réseau classé du Sénégal) », proposée par l'Agence Autonome des Travaux Routiers (AATR), s'inscrit dans le cadre de mon projet de fin d'études à l'Ecole Polytechnique de Thiès en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil.

## **REMERCIEMENTS**

*Nous ne saurions débiter ce rapport sans exprimer notre reconnaissance et gratitude à l'endroit de tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce projet de fin d'études.*

*Aussi adressons-nous nos sincères remerciements à nos encadreurs :*

- ❖ Mr Lamine CISSE, Chef de la Division Programmation et Banque de Données Routières de l'A.A.T.R, Directeur externe du projet, pour m'avoir proposé le sujet, pour sa grande disponibilité et son encadrement tout au long de cette étude.*
- ❖ Mr Souleye DIOME, Professeur de Routes à l'EPT, Directeur interne du projet, pour sa grande disponibilité et son encadrement.*

*Nos remerciements également à l'endroit :*

- ❖ de Mr Pape DIAGNE, Cartographe à l'AATR.*
- ❖ du Département GC, du corps enseignant, et du personnel administratif et technique de l'Ecole Polytechnique de Thiès.*

*Enfin nos remerciements à l'endroit de tous nos camarades élèves de l'école polytechnique de Thiès spécialement à Mr Lamine FAYE, Mr EDOH Elom et Mlle FERREIRA Jocelina Freire pour le soutien matériel qu'ils m'ont apporté.*

*En sommes, à toutes ces personnes de bonne volonté, sans qui ce travail n'aurait pas été possible, nous adressons nos sincères et chaleureux remerciements.*

## *SOMMAIRE*

L'état d'une route n'est pas figé dans le temps. Il varie en effet en fonction des conditions d'exploitation. Ce présent projet de fin d'étude se fixe donc pour objectif, de prédire l'état du réseau routier classé du Sénégal, en totalité ou en partie, à plus ou moins long terme sous différentes hypothèses de niveau de financement. Pour ce faire nous allons nous aider du mode analyse de stratégie du modèle pour le développement et la gestion des routes HDM-4 afin d'optimiser l'utilisation des ressources financières allouées à la gestion du réseau routier classé.

L'analyse de stratégie du modèle HDM-4 est un outil destiné à assister les décideurs d'une organisation routière dans leurs tâches d'allocation des ressources financières.

Cette étude nous a conduit à spécifier les normes d'entretien et d'aménagement à effectuer à chaque section homogène et à générer des programmes de travaux d'entretien avec ou sans contrainte budgétaire.

**Mots clés :** HDM-4 – normes – entretien – aménagement – rentabilité – stratégies.

# TABLE DES MATIERES

<i>DEDICACES</i> .....	II
<i>AVANT-PROPOS</i> .....	III
<i>REMERCIEMENTS</i> .....	IV
<i>SOMMAIRE</i> .....	V
<i>TABLE DES MATIERES</i> .....	VI
<i>LISTE DES TABLEAUX</i> .....	IX
<i>LISTES DES ANNEXES</i> .....	XI
<i>LISTE DES ABREVIATIONS</i> .....	XII
<i>INTRODUCTION GENERALE</i> .....	14
<i>CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU RESEAU ROUTIER NATIONAL SENEGALAIS</i> .....	15
1.1 Classification administrative.....	16
1.2 Routes non revêtues ou en terre.....	17
1.2.1 Inventaire.....	17
1.2.2 Etat des Routes non-revêtues .....	18
1.3 Routes revêtues .....	20
1.3.1 Inventaire.....	20
1.3.2 Etat des Routes revêtues.....	20
1.4 Evolution de l'état du réseau classé de 2002 - 2006.....	22
1.5 Caractéristiques générales du réseau .....	23
1.5.1 Nature des routes .....	23
1.5.2 Le trafic .....	24
1.6 Dégradations de la chaussée .....	25
1.7 Conclusion .....	27
<i>CHAPITRE 2 : PRESENTATION ET PARAMETRAGE DU MODELE HDM-4</i> .....	28
2.1 Historique et présentation du modèle HDM-4.....	29
2.2 Structure analytique de HDM-4.....	30
2.3 Principe de fonctionnement de HDM-4.....	31
2.4 Champs d'application de HDM-4.....	31
2.5 Les différentes phases d'une analyse HDM-4 .....	31
2.5.1 Configuration .....	32

2.5.2 Sections .....	32
2.5.3 Véhicules et trafic.....	32
2.5.4 Normes de travaux .....	33
2.6 Applications HDM-4 .....	33
2.7 Calage du modèle HDM-4.....	36
2.8 Description de l'étude .....	36
2.8.1 Déroulement d'un passage HDM.....	37
2.8.2 Analyse économique .....	37
2.8.3 Optimisation .....	38
2.9 Précautions d'utilisation et limites de HDM-4 .....	39
2.9.1 Précautions .....	39
2.9.2 Limitations actuelles de HDM-4 .....	39
2.10 Mise à jour des paramètres de calibrage modèle HDM-4 version 1.3 dans le contexte sénégalais .....	40
2.10.1 Présentation du pays.....	40
2.10.2 Données d'entrées du réseau routier .....	45
2.11 Conclusion .....	55
<i>CHAPITRE 3 : NORMES D'ENTRETIEN ET D'AMENAGEMENT.....</i>	<i>56</i>
3.1 Généralités sur les opérations élémentaires d'entretien des chaussées.....	57
3.1.1 Entretien courant .....	57
3.1.2 Entretien périodique .....	59
3.1.3 Réhabilitation et renforcement.....	59
3.1.4 Entretien d'urgence .....	59
3.1.5 Entretien améliorant .....	59
3.1.6 Entretien préventif.....	60
3.1.7 Entretien curatif.....	60
3.2 Les interventions sur les routes revetues .....	60
3.2.1 Entretien courant .....	60
3.2.2 Entretien périodique .....	62
3.3 Les interventions sur les routes non revetues .....	65
3.3.1 Entretien courant .....	65
3.3.2 Entretien périodique.....	65
3.4 Les normes d'entretien et d'aménagement nationales utilisables dans le modèle HDM-4 .....	69

3.4.1 Terminologie HDM-4 .....	69
3.4.2 Normes d'entretien des routes revêtues au Sénégal .....	70
3.4.3 Description des Normes d'entretien du tableau précédent.....	73
3.4.4 Coûts unitaires de travaux des routes revêtues.....	79
3.4.5 Normes d'entretien des routes non revêtues.....	81
3.5 Conclusion .....	82
<i>CHAPITRE 4 : ETUDES DE CAS.....</i>	<i>83</i>
4.1 Région de Diourbel.....	84
4.1.1 Présentation sommaire de la région de Diourbel.....	84
4.1.2 Présentation du réseau routier de la région de Diourbel.....	85
4.1.3 Définition du réseau à analyser dans la région de Diourbel.....	86
4.1.4 Composition du trafic.....	88
4.1.5 Différentes options de simulation.....	89
4.1.6 Résultats des simulations .....	91
4.2 Région de Thiès .....	93
4.2.1 Présentation sommaire de la région de Thiès .....	93
4.2.2 Présentation du réseau routier de la région de Thiès.....	94
4.2.3 Définition du réseau à analyser dans la région de Thiès .....	95
4.2.4 Composition du trafic.....	98
4.2.5 Différentes options de simulation.....	99
4.2.6 Résultats des simulations .....	101
4.3. Conclusion .....	104
<i>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</i>	<i>105</i>
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</i>	<i>107</i>
<i>WEBOGRAPHIE.....</i>	<i>108</i>
<i>ANNEXES.....</i>	<i>109</i>

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1-1 LINEAIRE DE ROUTES CLASSEES EN 2005 (EN KM) .....	17
TABLEAU 1-2 : RESEAU ROUTIER NON REVETU (KM) INSPECTE PAR CATEGORIE DE ROUTE ET PAR REGION.....	18
TABLEAU 1-3 : ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER NON REVETU PAR CATEGORIE ET PAR ETAT DE ROUTE .....	18
TABLEAU 1-4 : ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER NON REVETU PAR ETAT DE ROUTE ET PAR REGION .....	19
TABLEAU 1-5 : LINEAIRE (%) PAR REGION DU RESEAU DEGRADE .....	19
TABLEAU 1-6 : RESEAU ROUTIER REVETU (KM) INSPECTE PAR CATEGORIE DE ROUTE ET PAR REGION .....	20
TABLEAU 1-7 : ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER REVETU PAR CATEGORIE ET PAR ETAT DE ROUTE .....	21
TABLEAU 1-8: ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER REVETU PAR ETAT DE ROUTE ET PAR REGION ..	21
TABLEAU 1-9 : LINEAIRE (%) PAR REGION DU RESEAU DEGRADE .....	22
TABLEAU 1-10 : ÉVOLUTION GLOBALE DE L'ETAT DU RESEAU ROUTIER.....	23
TABLEAU 1-11 : CLASSIFICATION DU TRAFIC DES VEHICULES PAR TYPE ET PAR REGION .....	24
TABLEAU 1-12 : LES DIFFERENTS TYPES DE DEGRADATIONS .....	25
TABLEAU 2-1: EFFECTIF DE LA POPULATION, DENSITES EN 2005 ET TAUX D'ACCROISSEMENT MOYEN ANNUEL DE 2002-2005 SELON LA REGION.....	43
TABLEAU 2-2 : MONNAIE ET AGREGATS ECONOMIQUES .....	44
TABLEAU 2-3 : PRINCIPALES PRODUCTIONS (1999).....	44
TABLEAU 2-4: CHEPTEL (1999).....	44
TABLEAU 2-5 : QUANTITE MOYENNE DES PRECIPITATIONS PAR ZONE CLIMATIQUE (MM) .....	45
TABLEAU 2-6 : DENIVELES ET SINUOSITE DES ROUTES .....	46
TABLEAU 2-7 : TABLEAU INDIQUANT LE NOMBRE DE VOIES PAR DEFAUT .....	46
TABLEAU 2-8 : DIFFERENTS TYPES DE REVETEMENT RENCONTRE SUR LE RESEAU ROUTIER NATIONAL.....	47
TABLEAU 2-9 : CARACTERISTIQUE DE LA COUCHE D'APPORT OU DE SUPPORT .....	47
TABLEAU 2-10 : DONNEES CONCERNANT LA COUCHE DE BASE (VALEURS HDM PAR DEFAUT).....	48
TABLEAU 2-11 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE .....	48
TABLEAU 2-12 : AUTRES CARACTERISTIQUES DES ROUTES DU RESEAU.....	48
TABLEAU 2-13 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE .....	49
TABLEAU 2-14 : VALEUR DE L'UNI (EN IRI) .....	50
TABLEAU 2-15 : HISTORIQUE DES CHAUSSEES.....	50
TABLEAU 2-16 : VITESSE MOYENNE DES VEHICULES SOUS TRAFIC .....	51
TABLEAU 2-17: TYPES DE VEHICULES.....	51
TABLEAU 2-18 : VALEUR DU PCSE POUR DIFFERENTES ROUTES ET DIFFERENTS VEHICULES .....	52
TABLEAU 2-19 : VALEUR DES PARAMETRES POUR DIFFERENTES ROUTES .....	52
TABLEAU 2-20 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES VEHICULES .....	53
TABLEAU 2-21 : AUTRES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES VEHICULES .....	53
TABLEAU 2-22 : COUTS DE CARBURANT ET DES LUBRIFIANTS .....	54
TABLEAU 2-23 : COMPOSANTES DES COUTS HTT SUR LES VEHICULES (EN F.CFA).....	54
TABLEAU 3-1 : TACHES D'ENTRETIEN ET FREQUENCES SUR LES ROUTES REVETUES ET NON REVETUES.....	67
TABLEAU 3-2 : DESCRIPTION DES TRAVAUX PREVUS SUR LES ROUTES BITUMEEES.....	71
TABLEAU 3-3: MATRICE DES STRATEGIES DE TRAVAUX SUR AXES ROUTIERS REVETUS, PAR CLASSE DE TRAFIC.....	72
TABLEAU 3-4 : OPERATIONS DE TRAVAUX ET CODES HDM .....	78
TABLEAU 3-5 : NORMES D'ENTRETIEN ET CODES HDM .....	79
TABLEAU 3-6 : COUTS UNITAIRES D'ENTRETIEN DES ROUTES REVETUES.....	80
TABLEAU 3-7: TACHES DE L'ENTRETIEN COURANT .....	80
TABLEAU 3-8 : COUTS DES POINTS A TEMPS SELON L'AMPLEUR DES DEGRADATIONS.....	81

TABEAU3-9 : MATRICE DES STRATEGIES DE TRAVAUX SUR AXES ROUTIERS NON REVETUS.....	81
TABEAU3-10: COUT AU KM EN FCF A HTVA D'AXES ROUTIERS NON REVETUS .....	82
TABEAU 4-1: REPARTITION DES ROUTES PAR CATEGORIE ET PAR SURFACE DANS LA REGION DE DIOURBEL .....	85
TABEAU 4-2: REPARTITION DES ROUTES PAR ETAT ET PAR SURFACE DANS LA REGION DE DIOURBEL .....	86
TABEAU4-3: CODE ET DENOMINATION OFFICIELLE DES ROUTES NON REVETUES A ANALYSER .....	87
TABEAU4-4: CARACTERISTIQUES DES ROUTES NON REVETUES A ANALYSER .....	87
TABEAU4-5: MATRICE DES SECTIONS HOMOGENES DE ROUTES NON REVETUES A ANALYSER.....	87
TABEAU4-6: CODE ET DENOMINATION OFFICIELLE DES ROUTES REVETUES A ANALYSER .....	88
TABEAU4-7: CARACTERISTIQUES DES ROUTES REVETUES A ANALYSER.....	88
TABEAU4-8: MATRICE DES SECTIONS HOMOGENES DE ROUTES REVETUES A ANALYSER .....	88
TABEAU4-9: COMPOSITION DU TRAFIC PAR TYPE DE VEHICULES DANS LA REGION DE DIOURBEL.....	89
TABEAU4-10: AFFECTATION DES OPTIONS POUR LES SECTIONS DU RESEAU NON REVETU DE DIOURBEL .....	90
TABEAU4-11: AFFECTATION DES OPTIONS POUR LES SECTIONS DU RESEAU REVETU DE DIOURBEL.....	90
TABEAU4-12 : SYNTHESE DES COUTS ECONOMIQUES (NON ACTUALISES) EN MILLION PAR OPTION ET PAR SECTION ...	91
TABEAU4-13: SOLUTION OPTIMALE PAR SECTION (SANS CONTRAINTE).....	91
TABEAU4-14 : SYNTHESE DES COUTS ECONOMIQUES (NON ACTUALISES) EN MILLION PAR OPTION ET PAR SECTION ...	92
TABEAU4-15: SOLUTION OPTIMALE PAR SECTION (SANS CONTRAINTE).....	92
TABEAU 4-16: REPARTITION DES ROUTES PAR CATEGORIE ET PAR SURFACE DANS LA REGION DE THIES .....	94
TABEAU 4-17: REPARTITION DES ROUTES PAR ETAT ET PAR SURFACE DANS LA REGION DE THIES .....	95
TABEAU4-18: CODE ET DENOMINATION OFFICIELLE DES ROUTES NON REVETUES A ANALYSER .....	96
TABEAU4-19: CARACTERISTIQUES DES ROUTES NON REVETUES A ANALYSER .....	96
TABEAU 4-20: MATRICE DES SECTIONS HOMOGENES DE ROUTES NON REVETUES A ANALYSER.....	96
TABEAU4-21: CODE ET DENOMINATION OFFICIELLE DES ROUTES REVETUES A ANALYSER.....	97
TABEAU4-22 : MATRICE DES SECTIONS HOMOGENES DE ROUTES REVETUES A ANALYSER .....	97
TABEAU4-23: MATRICE DES SECTIONS HOMOGENES DE ROUTES REVETUES A ANALYSER .....	98
TABEAU4-24: CARACTERISTIQUES DES ROUTES REVETUES A ANALYSER .....	98
TABEAU4-25: COMPOSITION DU TRAFIC PAR TYPE DE VEHICULES .....	99
TABEAU4-26: AFFECTATION DES OPTIONS POUR LES SECTIONS DU RESEAU NON REVETU DE THIES .....	100
TABEAU4-27A: AFFECTATION DES OPTIONS POUR LES SECTIONS DU RESEAU REVETU DE THIES.....	100
TABEAU4-27B: AFFECTATION DES OPTIONS POUR LES SECTIONS DU RESEAU REVETU DE THIES.....	101
TABEAU4-28: SYNTHESE DES COUTS ECONOMIQUES (NON ACTUALISES) EN MILLION PAR OPTION ET PAR SECTION ..	101
TABEAU4-29: SOLUTION OPTIMALE PAR SECTION (SANS CONTRAINTE).....	102
TABEAU4-30: SYNTHESE DES COUTS ECONOMIQUES (NON ACTUALISES) EN MILLION PAR OPTION ET PAR SECTION ..	103
TABEAU4-31: SOLUTION OPTIMALE PAR SECTION (SANS CONTRAINTE).....	103

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Structure du trafic motorisé en 2002.....	25
Figure 2-1 : Schéma d'une étude HDM-4.....	32

## LISTES DES ANNEXES

*Annexe A : Coûts des travaux d'entretien*

*Annexe B : Rapports de la simulation HDM-4 pour les routes non revêtues de la région de Diourbel*

*Annexe C : Rapports de la simulation HDM-4 pour les routes revêtues de la région de Diourbel*

*Annexe D : Rapports de la simulation HDM-4 pour les routes non revêtues de la région de Thiès*

*Annexe E : Rapports de la simulation HDM-4 pour les routes revêtues de la région de Thiès*

## ***LISTE DES ABREVIATIONS***

<i><b>A.A.T.R.</b></i>	<i>Agence Autonome des Travaux Routiers</i>
<i><b>BBn</b></i>	<i>Béton Bitumineux de « n » cm d'épaisseur</i>
<i><b>BDR</b></i>	<i>Banque de Données Routières</i>
<i><b>Bi</b></i>	<i>Bicouche</i>
<i><b>CBR</b></i>	<i>Californian Bearing Ratio, indice de portance californien</i>
<i><b>Epauf.</b></i>	<i>Epaufrure</i>
<i><b>HDM-4</b></i>	<i>Highway Development and Management (modèle pour le développement et la gestion des routes)</i>
<i><b>HDM-III</b></i>	<i>Highway Design and Maintenance standard model (modèle des règles standard en entretien en conception des routes)</i>
<i><b>IP</b></i>	<i>Indice de plasticité</i>
<i><b>IQL</b></i>	<i>Information Quality Level (niveau de qualité de l'information)</i>
<i><b>IRI</b></i>	<i>Indice international de rugosité</i>
<i><b>PCSE</b></i>	<i>L'équivalent espace véhicule particulier</i>
<i><b>PTG</b></i>	<i>Programme Triennal Glissant</i>
<i><b>PIB</b></i>	<i>Produit Intérieur Brut</i>
<i><b>RD</b></i>	<i>Road Deterioration (détériorations de la route)</i>
<i><b>RED</b></i>	<i>Road Economic decision, modèle de décision économique des Routes</i>
<i><b>Renfor.</b></i>	<i>Renforcement</i>
<i><b>Réhab.</b></i>	<i>Réhabilitation</i>
<i><b>RGPH</b></i>	<i>Recensement Général de la Population et de l'Habitat</i>
<i><b>RNC</b></i>	<i>Routes non classées</i>

<i>RTM</i>	<i>Routes en Terre Moderne</i>
<i>RTS</i>	<i>Routes en Terre Sommaire</i>
<i>RUE</i>	<i>Road User Effect (effet sur les usagers de la route)</i>
<i>SEE</i>	<i>Social and Environment Effect (effets sociaux et environnementaux)</i>
<i>SNP</i>	<i>Structural number (nombre structurel)</i>
<i>TMJ</i>	<i>Trafic moyen journalier</i>
<i>TMJA</i>	<i>Trafic moyen journalier annuel</i>
<i>TRI</i>	<i>Taux de Rentabilité Interne</i>
<i>VAN</i>	<i>Valeur Actuelle Nette</i>
<i>WE</i>	<i>Work Effect (effets des travaux)</i>
<i>WL</i>	<i>Limite de liquidité</i>

## *INTRODUCTION GÉNÉRALE*

La route, instrument de développement et d'intégration, représente un investissement considérable. Dans la majeure partie des pays « sous-développés », les investissements affectés au réseau routier occupent une part importante du budget national. Et le Sénégal n'en fait pas exception. Cette perspective fait donc entrevoir la lourde responsabilité qui incombe aux agences comme l'AATR qui ont en charge la gestion du réseau routier, surtout en cette période de conjoncture économique.

La pérennisation du patrimoine routier passe donc par une bonne planification de l'entretien du réseau routier. Et l'effort consenti à l'entretien des chaussées est directement proportionnel à la qualité des services qu'on en tire. La gestion routière est donc étroitement liée à la gestion de l'entretien.

Vue la rareté des ressources financières, il devient donc nécessaire d'optimiser les maigres ressources financières disponibles par une justification de la rentabilité économique des opérations d'entretien entreprises. Parmi les outils actuels les plus fiables de calcul de la rentabilité et d'optimisation en gestion routière, se trouve le progiciel HDM-4.

HDM-4 (Highway Development and Management) permet de faire la planification stratégique à moyen et long terme des dépenses par une évaluation des besoins d'un réseau ou sous réseau. Il simule également l'évolution future du comportement de la route à partir de la situation présente et pour cela il est nécessaire de s'assurer d'une part que les données fournies représentent la réalité des conditions courantes et des facteurs pouvant les influencer et d'autre part que les prévisions du modèle adaptent le vrai comportement du réseau. C'est dans cette optique que se situe ce présent projet de fin d'études qui se fixe pour objectif de prédire l'état du réseau routier classé du Sénégal, en partie ou en totalité, sous différentes hypothèses de niveau de financement.

Nous adopterons dans notre étude une démarche en trois parties, qui débutera par une étude générale du réseau routier classé national, ensuite par l'étude du fonctionnement du modèle HDM-4 et la collecte des données d'entrée de HDM-4 dans le contexte local et enfin nous procéderons à des applications aux réseaux classés des régions de Diourbel et Thiès.

***CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU RESEAU ROUTIER NATIONAL SENEGALAIS***

Le réseau routier sénégalais à l'instar de celui de bon nombre de pays de l'Afrique subsaharienne est caractérisé par une densité inégalement répartie avec de forte densité dans les grands centres urbains. Selon le rapport final du Programme Triennal de Transport 2003/2005, la densité la plus élevée (55.5 km/100 km<sup>2</sup>) se trouve dans la région de Dakar tandis que la plus faible densité (4.7 km/100 km<sup>2</sup>) est localisée dans la région de Saint-Louis. Ce réseau était estimé en 2005 à 14 805 km de voies dont 10 000 km de routes non revêtues (soit 67.5% du réseau) et 4 805 km de routes revêtues (soit 32.5% du réseau) et fait l'objet d'une classification administrative.

### 1.1 CLASSIFICATION ADMINISTRATIVE

La classification administrative, du réseau routier, repartie le réseau national en deux catégories de routes : les routes classées et les routes non classées.

Une route est dite classée si elle fait l'objet d'un acte administratif de classement pris dans les formes réglementaires, soit préalablement à sa construction soit postérieurement.

Une route est dite non classée si elle n'a fait l'objet d'aucun acte de classement, c'est-à-dire si son utilisation comme voie de communication résulte seulement d'un usage ou d'un état de fait.

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

La loi 74-20 du 24 janvier 1974 et le décret d'application n° 74-718, subdivisent le réseau routier national classé, en cinq (5) classes de routes dont la hiérarchie est la suivante :

- les routes nationales (N) ou liaisons entre plusieurs régions et les pays limitrophes ;
- les routes régionales (R) ou liaisons entre chefs lieux des départements d'une région ;
- les routes départementales (D) ou liaisons entre chefs lieux d'arrondissements et communautés rurales ;
- les voiries urbaines (VU) encore appelées « grande voirie » situées dans les agglomérations urbaines ;
- les pistes répertoriées (P) ou liaisons entre routes départementales et centres de production agricole.

Les voies du réseau classé sont définies par l'arrêté interministériel n°15087 du 14 décembre 1985 et son additif n°005201 du 11 avril 1987.

Les routes (nationale, régionale, départementale, piste ou voie urbaine) sont généralement subdivisées en liaisons et chaque liaison a pour code, le code d'identification de la route issu du décret de classification du réseau suivi de Ln (L = liaison et n = le numéro de liaison). Par exemple :

N0001L1 : 1<sup>ère</sup> liaison de la Route nationale N0001

D0025L2 : 2<sup>ème</sup> liaison de la Route Départementale D0025

R0504L5 : 5<sup>ème</sup> liaison de la Route Régionale R0504

P0400L1 : 1<sup>ère</sup> liaison de la Piste P0400

Puis, les sections homogènes d'une même liaison ont pour code, le code de la liaison suivi de Sn (S = Section et n = le numéro de la section). Par exemple pour la liaison N0001L1, les sections peuvent être :

N0001L1S1 : 1<sup>ère</sup> section de la liaison N0001L1

N0001L1S2 : 2<sup>ème</sup> section de la liaison N0001L1

Les voies du réseau classé sont soit revêtues ou soit en terre. L'inventaire de 2005 du réseau classé a donné les résultats consignés dans le tableau suivant:

*Tableau 1-1 Linéaire de routes classées en 2005 (en km)*

Catégorie de routes	Réseau total	Routes revêtues		Routes non revêtues	
	(km)	(km)	(%)	(km)	(%)
Routes nationales	3351,6507	2844,6	59,20%	507	5,10%
Routes régionales	1206,56	606,5	12,60%	600	6,00%
Routes départementales	5667,8781	886,4	18,40%	4 781	47,80%
Voiries urbaines	250,2006	244,2	5,10%	6	0,10%
Pistes répertoriées	4198,0106	91,6	1,90%	4 106	41,10%
Routes à classer	131,8	131,8	100%		
<b>TOTAL</b>	<b>14 805</b>	<b>4 805</b>	<b>32%</b>	<b>10 000</b>	<b>68%</b>

Source PTG 2007-2009

## 1.2 ROUTES NON REVETUES OU EN TERRE

### 1.2.1 Inventaire

L'inspection du réseau routier non revêtu (estimé à 10 000 km) sur un linéaire de 9 652,5 km (soit 96,5% du réseau non revêtu) révèle la répartition des routes par classe et par région suivante :

Tableau 1-2 : Réseau routier non revêtu (km) inspecté par catégorie de route et par région

REGION	LINEAIRE EN KM					
	N	R	D	P	VU	TOTAL
DAKAR	-	-	-	17	-	17
DIOURBEL	-	44,6	148,8	132,3	-	325,7
FATICK	-	25,9	147,1	266,4	-	439,4
KAOLACK	-	-	587	515,5	-	1 102,50
KOLDA	-	53,3	490	797,1	-	1 340,30
LOUGA	63,8	13,8	145	855,5	-	1 078,10
MATAM	169	195,1	-	392,6	-	756,7
SAINT LOUIS	154,2	194,8	86,8	232	-	667,9
TAMBACOUNDA	118	-	2 357,80	538,5	-	3 014,20
THIES	-	-	242,2	88,2	-	330,4
ZIGUINCHOR	-	41,4	400,2	132,1	6,6	580,3
TOTAL	505	568,8	4 604,90	3 967,10	6,6	9 652,50
TOTAL en %	5,20%	5,90%	47,70%	41,10%	0,10%	100,00%

Source PTG 2007-2009

### 1.2.2 Etat des Routes non-revêtues

L'état de dégradation des routes non revêtues a été évalué grâce à la méthode VIZIRET.

Cet état du réseau revêtu est présenté dans les deux tableaux ci-dessous, par classe de route et par région :

Tableau 1-3 : Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier non revêtu par catégorie et par état de route

CATEGORIE / ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	TOTAL
N (km)	-	6	499	505
(%)	0,00%	1,20%	98,80%	100,00%
R (km)	115,1	45,7	408	568,8
(%)	20,20%	8,00%	71,70%	100,00%
D (km)	1 082,90	667,6	2 854,40	4 604,90
(%)	23,50%	14,50%	62,00%	100,00%
P (km)	301,2	407,4	3 258,60	3 967,10
(%)	7,60%	10,30%	82,10%	100,00%
VU (km)	-	-	6,6	6,6
(%)	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
TOTAL (km)	1 499,10	1 126,80	7 026,60	9 652,50
(%)	15,50%	11,70%	72,80%	100,00%

Source PTG 2007-2009

NB : 27,2%

soit 2625,9 km sont dans un état Bon/Moyen

72,8%

soit 7026,6 km sont dans un état Mauvais

Tableau 1-4 : Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier non revêtu par état de route et par région

REGION / ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	TOTAL
DAKAR	3,2	13,8	-	17
DIORBEL	149,5	51,9	124,3	325,7
FATICK	115,5	48,1	275,8	439,4
KAOLACK	98	150,8	853,7	1 102,50
KOLDA	308,8	328,9	702,6	1 340,30
LOUGA	59,5	81,5	937,1	1 078,10
MATAM	16,7	7,9	732,1	756,7
SAINT LOUIS	137,7	-	530,2	667,9
TAMBACOUNDA	413,6	200,7	2 400,00	3 014,20
THIES	51,6	40,8	238	330,4
ZIGUINCHOR	145	202,4	232,9	580,3
TOTAL (km)	1 499,10	1 126,80	7 026,60	9 652,50
(%)	15,50%	11,70%	72,80%	100,00%

Source PTG 2007-2009

Ainsi, il apparaît qu'une grande partie (72,8 %) du réseau routier non revêtu est en mauvais état.

Le classement des régions par ordre décroissant du linéaire (exprimé en pourcentage) du réseau dégradé à très dégradé est le suivant :

Tableau 1-5 : Linéaire (%) par région du réseau dégradé

REGION	LINEAIRE DU RESEAU DEGRADE (%)
MATAM	96,70%
LOUGA	86,90%
TAMBACOUNDA	79,60%
SAINT LOUIS	79,40%
KAOLACK	77,40%
THIES	72,00%
FATICK	62,80%
KOLDA	52,40%
ZIGUINCHOR	40,10%
DIORBEL	38,20%
DAKAR	0,00%

Source PTG 2007-2009

### 1.3 ROUTES REJETUES

#### 1.3.1 Inventaire

L'inspection sommaire du réseau routier revêtu sur 4805,3 km, soit la totalité du réseau, révèle la répartition des routes par classe et par région suivante :

*Tableau 1-6 : Réseau routier revêtu (km) inspecté par catégorie de route et par région*

REGION	LINEAIRE EN KM							TOTAL
	N	R	D	P	VD	VU	Routes Non Classées	
DAKAR	49,2	21,2	46	37,8	13,6	132	-	299,8
DIOURBEL	118,7	39,1	8	26	-	24,2	106,8	322,8
FATICK	194,1	60,9	122,6	-	-	-	-	377,5
KAOLACK	272,1	56,2	33,3	-	-	5,9	-	367,5
KOLDA	410,6	123,2	25,5	-	-	-	-	559,3
LOUGA	205,1	160,8	190,9	19,4	-	15,6	7	598,8
MATAM	197,7	-	-	-	-	-	-	197,7
SAINT LOUIS	384,6	3	56,7	3	-	17,7	-	465
TAMBACOUNDA	640	-	62,1	-	-	-	-	702,1
THIES	180,3	70,8	297,2	5,7	-	19,1	18	591,1
ZIGUINCHOR	192,3	71,3	44,1	-	-	16,1	-	323,8
TOTAL	2 844,60	606,5	886,4	91,9	13,6	230,6	131,8	4 805,30

Source PTG 2007-2009

#### 1.3.2 Etat des Routes revêtues

L'état de dégradation des routes revêtues a été évalué grâce à la méthode VIZIR.

Cet état du réseau revêtu est présenté dans les deux tableaux ci-dessous, par classe de route et par région :

Tableau 1-7 : Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier revêtu par catégorie et par état de route

CATEGORIE/ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	Très mauvais	TOTAL
N (km)	1 014,10	397,3	498,2	935,1	2 844,60
(%)	36%	14%	18%	33%	100%
R (km)	208,5	145,8	99,2	153	606,5
(%)	34%	24%	16%	25%	100%
D (km)	318,4	212,6	206,6	148,8	886,4
(%)	36%	24,00%	23,00%	17,00%	100,00%
P (km)	45,6	43,2	-	2,8	91,6
(%)	50%	47,00%	-	3,00%	100,00%
VD (km)	-	-	13,6	-	13,6
(%)	-	-	100,00%	-	100,00%
VU (km)	61,5	50,7	100,1	18,3	230,6
(%)	27,00%	22,00%	43,00%	8,00%	100,00%
RNC (km)	131,8	-	-	-	131,8
(%)	100,00%	-	-	-	100,00%
TOTAL (km)	1 779,90	849,6	917,6	1 258,00	4 805,10
(%)	37,00%	17,70%	19,10%	26,20%	100,00%

Source PTG 2007-2009

NB : 54,7% soit 2629,462 km sont dans un état Bon/Moyen

45,3% soit 2175,626 km sont dans un état Mauvais/Très Mauvais

Tableau 1-8: Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier revêtu par état de route et par région

REGION/ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	Très mauvais	TOTAL
DAKAR	105,7	100	70,2	23,9	299,8
DIOURBEL	161	25,3	22,4	7,3	215,9
FATICK	56,1	69,4	144	108,1	377,5
KAOLACK	13	3,3	147,6	203,6	367,5
KOLDA	5,5	87	230,8	235,9	559,3
LOUGA	348,7	243,2	-	-	591,8
MATAM	130,2	-	-	67,5	197,7
SAINT LOUIS	349	96,3	6,8	12,7	464,8
TAMBACOUNDA	-	63,7	187,4	451	702,1
THIES	421,7	94,8	14,4	42,2	573,1
ZIGUINCHOR	57,2	66,7	94	105,8	323,8
Routes Non Classées	131,8	-	-	-	131,8
TOTAL (km)	1 779,90	849,6	917,6	1 258,00	4 805,10
(%)	37,00%	17,70%	19,10%	26,20%	100,00%

Source PTG 2007-2009

*NB : Les 131,8 km de routes revêtues non classées sont réparties entre les régions de Diourbel (106,8 km), Thiès (18 km) et Louga (7km)*

Tel que l'indiquent les deux tableaux précédents, **45,3%** du réseau routier revêtu est en mauvais à très mauvais état.

Le classement des régions par ordre décroissant du linéaire (exprimé en pourcentage) du réseau dégradé à très dégradé est le suivant :

*Tableau 1-9 : Linéaire (%) par région du réseau dégradé*

<b>REGION</b>	<b>LINEAIRE DU RESEAU DEGRADE (%)</b>
KAOLACK	96%
TAMBACOUNDA	91%
KOLDA	83%
FATICK	67%
ZIGUINCHOR	62%
MATAM	34%
DAKAR	31%
DIOURBEL	14%
THIES	10%
SAINT LOUIS	4%
LOUGA	0%

*Source PTG 2007-2009*

#### **1.4 EVOLUTION DE L'ETAT DU RESEAU CLASSE DE 2002 - 2006**

La politique de récupération du réseau notamment par l'exécution du plan triennal glissant PTG 2003-2005, 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 apprécié comme indiqué dans le tableau ci-après :

*Tableau 1-10 : Évolution globale de l'état du réseau routier*

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

## 1.5 CARACTERISTIQUES GENERALES DU RESEAU

Le réseau est caractérisé dans son ensemble par la nature des routes et le type de trafic qui les sollicite.

### 1.5.1 Nature des routes

Le réseau routier revêtu est constitué généralement par :

- une plateforme de 7 à 10.5 m de largeur ;
- une couche de fondation réalisée en latérite crue ;
- une couche de base en latérite ciment et quelques fois en latérite crue ;
- un revêtement en enduit superficiel mais pour les routes à trafic intense il peut être en béton bitumineux (enrobé dense) et même en sand-asphalt.

Quant aux routes non revêtues, elles sont généralement de trois ordres :

- les routes en terre modernes (RTM), praticables en toutes saisons grâce à une mise hors d'eau obtenue par un assainissement performant ;
- les routes en terre sommaires (RTS) dont la qualité de l'assainissement ne permet pas une mise hors d'eau, ni une viabilité permanente ;

- les pistes, qui, à la différence des deux premières ne comportent pas de structures de chaussée (pas de plateforme, ni de couche de roulement). Elles sont tracées directement sur le terrain naturel et comprennent très rarement des ouvrages d'art.

### 1.5.2 Le trafic

Le parc automobile national est constitué de plusieurs types de véhicules :

- 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.

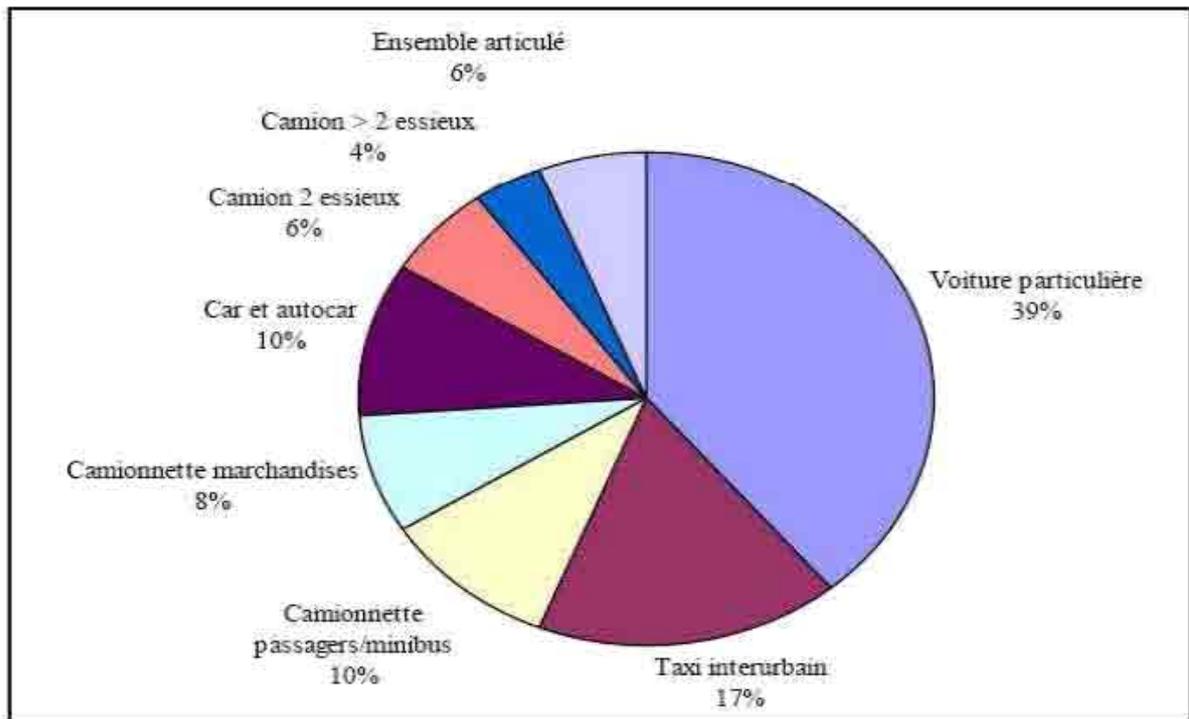
La comparaison des résultats de comptage du trafic entre 1996 et 2002 révèle une croissance générale du trafic journalier moyen de 6,3% soit 1,02% par an en moyenne.

Le trafic est inférieur à 500 véh/j sur la majorité du réseau et n'est supérieur à 2000 véh/j que sur 10,9% du réseau classé.

*Tableau 1-11 : Classification du trafic des véhicules par type et par région*

Région	Véhicules Particuliers	Poids lourds	Circulation motorisée
Thiès	235 334	167	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

Figure 1-1 : Structure du trafic motorisé en 2002



## 1.6 DEGRADATIONS DE LA CHAUSSEE

La dégradation d'une chaussée commence dès sa mise en service. Lorsque la couche de roulement est en terre, les désordres sont souvent spectaculaires, et leur développement est particulièrement rapide. De même, les chaussées pourvues d'un revêtement hydrocarboné s'usent et ne sauraient donc se passer d'une surveillance et de soins attentifs.

Ces désordres qui affectent une route, qu'elles soient revêtues ou non varient beaucoup dans leur forme et leur ampleur, avec le climat, les sols, la circulation et les caractéristiques géométriques de la route. Plusieurs causes peuvent concourir aux mêmes effets, et leur intervention simultanée contribue souvent à les multiplier.

Un examen visuel du réseau national révèle qu'il est affecté de quatre (4) principales familles de dégradations résumées dans le tableau ci-après :

Tableau 1-12 : Les différents types de dégradations

FAMILLES DE DEGRADATIONS	CHAUSSEES REVETUES	CHAUSSEES EN TERRES
<b>DEFORMATIONS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ornières (à grand ou petit rayon)</li> <li>- Affaissements (longitudinal suivant l'axe ou la rive et transversal)</li> <li>- Bourrelets (longitudinal et transversal)</li> <li>- Empreinte</li> <li>- Flache</li> <li>- Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ornières</li> <li>- flaches</li> <li>- tôles ondulée</li> <li>- déformations dans les virages</li> </ul>
<b>FISSURES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faiénçage (à mailles fines ou « peau de crocodile, à mailles larges)</li> <li>- Fissures longitudinales (de joint ou de fatigue)</li> <li>- Fissures transversales</li> <li>- Fissures polygonales</li> <li>- Lézardes</li> <li>- Etc.</li> </ul>	
<b>ARRACHEMENTS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Désenrobage</li> <li>- Glaçage</li> <li>- Nid de poule</li> <li>- Pelade</li> <li>- Plumage</li> <li>- Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nids de poule</li> <li>- ravinements</li> <li>- profil en « W »</li> </ul>
<b>REMONTEES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressuage</li> <li>- Remontée de laitance</li> </ul>	
<b>AUTRES TYPES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dentelles de rive</li> <li>- Dénivellement des accotements</li> <li>- Erosion des accotements</li> <li>- Ravinements</li> <li>- Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- usure de la couche de roulement</li> <li>- érosion des accotements</li> </ul>

Source : P.F.E. Bamba Diome Paramétrage du modèle HDM-4

## **1.7 CONCLUSION**

Il ressort de cette étude qu'une grande partie du réseau routier national est dans un état de dégradation plus ou moins avancé et nécessite selon les cas des travaux d'entretien, d'aménagement ou de réhabilitation. Pour que ces travaux soient efficaces, il convient qu'ils soient effectués au moment opportun. Aussi est-il indispensable que les organismes comme l'AATR, en charge de la gestion du réseau routier national fassent des prévisions de l'état à long terme du réseau routier et de générer suivant les réalités économiques, des programmes de travaux afin d'anticiper sur les dégradations du réseau et de maintenir dans un état de service acceptable le réseau routier national.

**CHAPITRE 2 : PRESENTATION ET PARAMETRAGE DU MODELE HDM-4**

Les populations attendent du réseau routier un service et le rôle du gestionnaire routier est de prendre les décisions nécessaires pour garantir un niveau de service adéquat. Chaque décision est un acte « politique », qui est le résultat d'une confrontation entre une vision responsable et une vision experte, toutes deux complémentaires. Pour s'aider dans ses choix, le gestionnaire routier fait de plus en plus recours à des modèles techniques finement élaborés dont HDM-4 en est une illustration.

## **2.1 HISTORIQUE ET PRESENTATION DU MODELE HDM-4**

Le modèle pour la Conception et l'Entretien des Routes (HDM-III : Highway Design and maintenance standards model), développé par la Banque mondiale, a été largement utilisé dans le monde, pendant longtemps, pour l'évaluation technique et économique des projets routiers, la programmation des investissements routiers, l'analyse des stratégies et des normes d'entretien sur les réseaux routiers.

Ce modèle permet de comparer différentes variantes sur la base des coûts d'entretien et, de façon plus large, des coûts économiques assimilés à la somme des coûts d'entretien et des coûts d'exploitation des véhicules. C'est donc un outil technico-économique, qui permet de simuler les conséquences de choix techniques, d'évaluer et de comparer les coûts correspondants à ces différents choix.

Le principe de la modélisation consiste à simuler l'évolution de l'état de la chaussée dans le temps (cette simulation autorise le déclenchement d'opérations d'entretien prédéfinies lorsque certaines valeurs seuils sont dépassées), et à associer une variation des coûts d'exploitation des véhicules à la variation de l'état des chaussées.

Le paramètre clé qui permet de faire le lien entre état de la chaussée et coûts d'exploitation (temps de parcours en lien avec l'évolution des vitesses, consommations de carburants, de lubrifiants et de pièces détachées) est l'uni longitudinal (et dans une certaine mesure transversal) de la chaussée.

Même si l'uni est le principal paramètre considéré par le modèle pour caractériser l'état des chaussées le sous-modèle qui permet de calculer l'évolution de l'uni calcule aussi l'évolution des dégradations visibles à la surface de la chaussée et notamment de la fissuration (ces paramètres influents à la fois sur l'évolution de l'uni et sur les coûts d'entretien).

Cependant, en dépit de toutes les applications révolutionnaires du modèle HDM-III, il apparaît très vite nécessaire de le perfectionner, ceci dans le souci de :

- moderniser son aspect informatique,
- prendre en compte de nouvelles techniques de chaussées et de nouveaux types de véhicules,
- compléter le modèle (interactions entre véhicules, drainage...),
- l'adapter aux contextes non tropicaux (Europe de l'Est, réseaux locaux des pays occidentaux),
- constituer une plate-forme sur laquelle des extensions pourront être développées ultérieurement.

C'est ainsi que l'étude internationale entreprise plus tard, au début des années 1990, pour étendre le domaine d'action du modèle HDM-III, aboutit au modèle de Développement et de Gestion des Routes (HDM-4 : Highway Development and Management). Le fonctionnement du modèle HDM-4 va au-delà de la traditionnelle analyse de projet. En effet HDM-4 permet également l'analyse comparée de politiques alternatives de gestion et d'investissements routiers. C'est ainsi que HDM-4 permet la comparaison des données décrivant la situation actuelle (trafic normal ; état initial ; normes de travaux ; coûts unitaires) et les données décrivant les scénarii possibles (stratégies d'entretien/construction ; évolution du trafic normal, trafic induit, trafic détourné ; coûts et avantages exogènes).

## **2.2 STRUCTURE ANALYTIQUE DE HDM-4**

La structure analytique de HDM-4 est fondée sur le concept de l'analyse en durée de vie. Ce concept est appliqué pour prédire, sur l'ensemble de la durée de vie d'une chaussée, (généralement comprise entre 15 et 40 ans) la dégradation des routes, les effets des travaux routiers, les effets sur les usagers, et les effets socio-économiques et environnementaux.

C'est ainsi que l'analyse technique au sein du système HDM-4 fait appel aux quatre ensembles de modèles suivant :

- Dégradation des Routes (RD : Road Deterioration)

Prédit la dégradation de la chaussée des routes bitumineuses, en béton et non revêtues. En effet chaque classe de chaussées se dégrade de manière spécifique. A l'intérieur de chaque classe, des types différents conduisent à des rythmes de dégradation différents et l'uni d'une chaussée (utilisé pour calculer les effets sur les usagers) n'est rien d'autre que la résultante des dégradations.

- Effets des travaux (WE : Works Effects)

Simule les effets des travaux routiers sur l'état de la chaussée et détermine les coûts correspondants. Les travaux d'entretien ou d'aménagement ont pour conséquences la modification des caractéristiques principales de la section (état, géométrie et usage), ainsi que la portance, le type et la classe de la chaussée.

- Effets aux Usagers de la Route (RUE : Road User Effects)

Détermine des coûts d'exploitation des véhicules, des accidents de la route et du temps trajet. Le paramètre clé de ce modèle est la vitesse réellement pratiquée, qui dépend des interactions entre véhicules et varie suivant les périodes de la journée.

- Effets Sociaux et Environnementaux (SEE : Social and Environment Effects)

Détermine les effets des émissions des véhicules et la consommation d'énergie.

### **2.3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE HDM-4**

Le fonctionnement du modèle HDM-4 est basé sur quatre principes caractéristiques, à savoir :

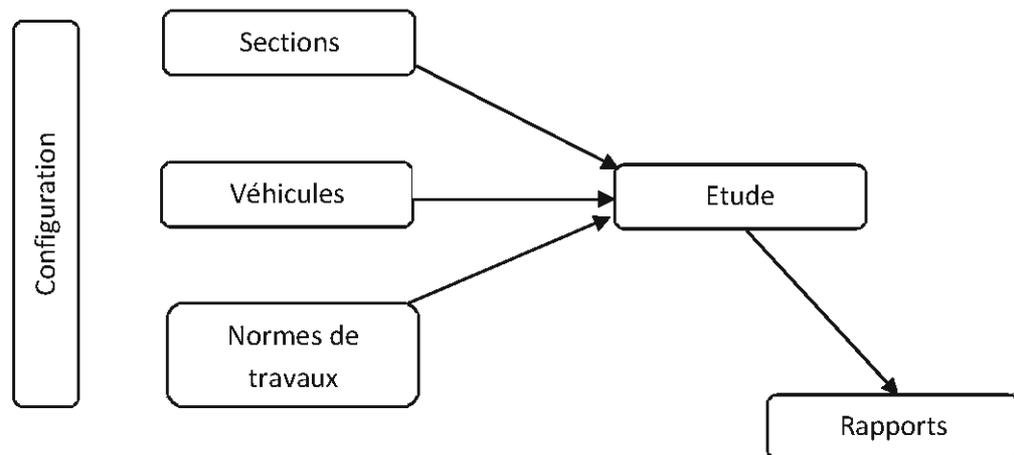
- Modéliser différents scénarii, en général sur de longues périodes (analyse en durée de vie),
- Calculer les quantités et les coûts pour chacun des scénarii,
- Comparer,
- Calculer les indicateurs économiques.

### **2.4 CHAMPS D'APPLICATION DE HDM-4**

Les routes et les véhicules constituent les deux principaux champs d'application du modèle HDM-4. Chacun de ces champs est subdivisé en sous-champs ; ainsi le champ d'application des routes est subdivisé en routes non revêtues, en routes bitumineuses et en routes en béton de ciment, tandis que le champ d'application des véhicules est subdivisé en véhicules motorisés (VM) et en véhicules non motorisés (VNM).

### **2.5 LES DIFFERENTES PHASES D'UNE ANALYSE HDM-4**

Toute analyse HDM-4 comporte les six phases indiquées sur le schéma ci-dessous :



*Figure 2-1 : Schéma d'une étude HDM-4*

### 2.5.1 Configuration

C'est l'ajustement des paramètres spécifiques à chaque pays, avant l'entrée des données.

Parmi les paramètres configurables, nous avons :

- Les types débit-vitesse,
- Débits classés,
- Zones climatiques,
- Données agrégées.

### 2.5.2 Sections

Le réseau étudié est subdivisé en sections homogènes, réelles ou fictives, caractérisées par :

- Des données fonctionnelles (identifiant, catégorie, type d'usage, trafic)
- Une géométrie (longueur, largeur, tracé)
- Une structure (type de chaussée, type de surface, âge et épaisseur des couches, portance)
- Un état (indicateurs d'état)
- Un environnement (climat, drainage)

### 2.5.3 Véhicules et trafic

Le parc de véhicules étudié est constitué de véhicules-types, caractérisés par :

- Des données physiques (dimensions, nombres d'essieux, nombres de roues, type de pneumatique)
- Des données d'utilisation (nombre d'heures annuelles, durée de vie, charges)
- Des coûts unitaires.

Les trafics sont exprimés en pourcentage du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA).

#### 2.5.4 Normes de travaux<sup>1</sup>

Les normes de travaux sont constituées des normes d'entretien et des normes d'aménagement. Les normes d'entretien ne permettent pas de modifier la géométrie de la section tandis que les normes d'aménagement décrivent des travaux modifiant la géométrie ou la catégorie de chaussée.

NB : Les éléments de la configuration, des sections du réseau routier, des véhicules, du trafic et des normes de travaux constituent les données d'entrée de HDM-4.

### 2.6 APPLICATIONS HDM-4

HDM-4 est utilisé pour quatre types d'études :

- *L'analyse de projet :*

Elle permet l'évaluation de un ou plusieurs projets ou options de travaux .HDM-4 analyse un ensemble de sections de routes sur lesquelles l'utilisateur a spécifié des travaux, en calculant année par année, sur la période d'analyse (de l'ordre de 20 à 30 ans), les coûts et avantages associés.

L'analyse de projet est utilisée pour estimer la faisabilité économique ou technique des projets routiers, par l'analyse des problèmes suivants :

- comportement de la surface et de la structure de la chaussée ;
- prévisions sur le cycle de vie de la dégradation de la route, des effets et des coûts des travaux ;
- coûts et avantages pour les usagers ;
- comparaisons économiques des options de projet.

---

<sup>1</sup> Les normes de travaux seront abordées en détail dans le prochain chapitre.

L'évaluation de l'entretien, de la réhabilitation, des élargissements et des améliorations géométriques, du reclassement des routes existantes et des constructions neuves constituent des exemples types d'analyses de projet.

- *L'analyse de programme :*

Elle a pour but d'évaluer les options d'entretien ou d'aménagement, et de sélectionner l'ensemble des travaux à réaliser sur un certain nombre de sections de routes en maximisant une fonction d'objectif (bénéfice actualisé, amélioration d'uni). Elle est adaptée pour des prévisions à court ou moyen terme, quand les niveaux budgétaires sont connus avec un bon degré de probabilité.

Deux modes d'étude sont possibles pour une analyse de programme :

- L'analyse en cycle de vie
- Le programme pluriannuel

Au cours d'une analyse de programme, les réseaux routiers sont analysés section par section et les travaux et leurs coûts sont estimés pour chaque section, pour chaque année de la période d'analyse.

Elle abouti à la préparation d'un programme de travaux pluriannuel glissant pour lequel les sections susceptibles de recevoir des travaux ont été identifiées, et sont sélectionnées en fonction d'une contrainte budgétaire et des priorités d'intervention.

- *L'analyse de stratégies :*

Le but principal d'une analyse de stratégies est de déterminer les besoins en ressources au niveau du réseau, et d'évaluer l'impact des différentes options de développement et de préservation sur la performance du réseau routier. L'objectif de l'analyse peut être défini de manière symétrique comme étant :

- la détermination des niveaux de financement nécessaires pour atteindre un ensemble donné de niveaux de service, ou comme étant
- la détermination du niveau de service à terme qui résulte d'un niveau de financement donné.

Elle est nécessaire pour la définition d'une politique, d'allocation des ressources à long terme, et la planification du réseau routier.

Des applications types d'analyse de stratégies portent par exemple sur :

- la prévision des besoins budgétaires à moyen et long terme pour un niveau de service visé ;
- la prévision de l'état à long terme du réseau sous différentes hypothèses de niveaux de financement<sup>2</sup> ;
- la répartition optimale des fonds suivant les différentes lignes budgétaires, par exemple en entretien courant, entretien périodique et investissement ;
- la répartition optimale des fonds suivants les différents sous réseaux, par exemple par classe fonctionnelle (réseau principal, collecteurs, voies urbaines) ou par région administrative ;
- des études de politique routière, comme l'impact d'une modification de la charge légale à l'essieu, le choix de normes d'entretien, l'analyse du bilan énergétique, le développement d'infrastructures dédiées au trafic non motorisé (TNM), la détermination de la longueur du réseau qu'il est possible de gérer, l'évaluation des normes de conception des chaussées, etc.

La différence principale entre l'analyse de programme et l'analyse de stratégies réside dans la manière dont les sections de routes sont définies ; c'est ainsi que pour une analyse de programme, on étudie des sections physiques de route que l'on peut identifier sur le réseau, tandis que pour l'analyse de stratégies, on étudie des sections représentatives, chacune ayant les caractéristiques moyennes des sections de la catégorie qu'elle représente. Dans ce cas, les sections perdent leurs caractéristiques de sections individuelles.

Le problème auquel s'intéressent les analyses de programme et de stratégies peut être résumé comme la recherche d'une combinaison d'options de travaux sur les sections du réseau qui optimise une fonction d'objectif sous contrainte budgétaire.

- *Les études de recherche et de politique routière :*

Au delà des analyses de projet, de programme et de stratégies, HDM-4 peut être utilisé pour réaliser des études de politique routière comme :

- politiques de répartition des financements sur des besoins concurrents, par exemple collecteurs ou routes principales ;
- taxes aux usagers pour la mise en place d'un fonds routier ;

---

<sup>2</sup> Objectif visé par ce présent PFE.

- impacts sur la consommation d'énergie des modifications dans la politique de transport ;
- impact des limitations réglementaires sur la charge à l'essieu ;
- normes pour la réhabilitation et l'entretien des chaussées.

## 2.7 CALAGE DU MODELE HDM-4

Le modèle simule l'évolution future à partir de la situation présente. Il faut donc s'assurer que :

- les données fournies représentent bien la réalité ;
- les évolutions simulées représentent bien ce qui est effectivement constaté.

Pour ce faire, il faut procéder au calage par rapport aux caractéristiques locales du milieu d'étude. Le calage se fait en deux étapes :

- Adapter les données existantes aux exigences du modèle, avec le niveau de précision nécessaire.
- Ajuster les paramètres des équations pour que le modèle reproduise avec fidélité les évolutions constatées : c'est le calage proprement dit.

HDM admet trois niveaux de calage qui impliquent des niveaux d'efforts et de disponibilité des ressources dépendant de l'objectif recherché :

- **Application**, avec utilisation des données existantes ;
- **Calage**, avec collecte de données complémentaires ;
- **Adaptation**, après des études spécifiques complètes.

## 2.8 DESCRIPTION DE L'ETUDE

Au cours d'une étude, on définit :

- Le type d'étude,
- Les sections sur lesquelles porte l'étude,
- Le trafic supporté par ces sections, volume et composition,
- Les scénarii à comparer,
- Les paramètres de l'analyse : période d'analyse, taux d'actualisation, options de modélisation et de calcul.

Les données à fournir et les masques de saisie sont légèrement différents d'un type d'étude à l'autre.

### **2.8.1 Déroulement d'un passage HDM**

Une fois toutes les données d'entrée saisies, on procède au passage de HDM-4. Le modèle calcule pour l'année en cours :

- L'augmentation de dégradation au cours de l'année,
- L'état à la fin de l'année, et l'état moyen,
- Les quantités de travaux (réalisés dans la nuit du 31/12),
- Les coûts d'aménagement et d'entretien des routes,
- Les vitesses des véhicules,
- Les quantités de ressources consommées,
- Les coûts d'exploitation,
- Eventuellement, les coûts d'insécurité, les émissions, la consommation d'énergie, les coûts et avantages exogènes.

Le modèle actualise les caractéristiques de la section au 1<sup>er</sup> janvier (état de la chaussée, trafic). Il répète la boucle autant de fois que nécessaire (années, options, sections).

Il procède enfin aux comparaisons et au calcul des indicateurs économiques.

Il écrit les fichiers résultats.

### **2.8.2 Analyse économique**

L'évaluation économique des projets routiers consiste à donner une mesure de l'intérêt du projet en rapprochant d'une manière synthétique les avantages et les coûts attachés à la réalisation. Lors de l'évaluation économique, le logiciel HDM se base sur la méthode « coûts/avantages ».

Les critères de l'analyse économique sont :

- Les indicateurs économiques (Bénéfice actualisé BA ; Taux de rentabilité interne TRI ; Rapport BA/coût des travaux),
- Les budgets de travaux,
- La durée de vie des réalisations,
- Le niveau de service à l'utilisateur,
- Les effets sur l'environnement,

- Le bilan énergétique.

Une étude HDM-4, intègre généralement les coûts :

- De construction et d'entretien des routes,
- D'exploitation des véhicules,
- Du temps de parcours,
- Des accidents,
- Exogènes,
- D'environnement (énergie-pollution).

Ces coûts se répartissent en quatre catégories :

Les coûts pris en compte par l'Administration des Routes sont issus de trois types de budgets :

- L'investissement (Travaux neufs et entretien lourd),
- Le fonctionnement (entretien courant),
- Les fonds spéciaux (exploitation).

L'utilisateur de la route prend généralement en charge les coûts suivants :

- Coûts d'exploitation des véhicules (amortissement, entretien, fuel, lubrifiants, pneus, salaires, main d'œuvre conduite),
- Coûts du temps de transport (temps passagers, marchandises),
- Coûts des accidents

Les coûts socio-économiques (lié à la consommation d'énergie et à la pollution) ;

Les coûts et avantages exogènes.

### **2.8.3 Optimisation**

L'optimisation consiste à faire le meilleur usage possible des ressources disponibles car en général les ressources financières sont insuffisantes pour réaliser tout ce qui serait intéressant pour la collectivité.

En termes mathématiques, il s'agit d'un problème de maximisation d'une fonction d'objectif (bénéfice actualisé, amélioration d'uni) sous contrainte.

Les contraintes portent sur la disponibilité en budget d'investissement pour différentes périodes budgétaires.

Comme méthodes d'optimisation, on peut citer :

- La méthode d'énumération totale qui consiste au calcul de toutes les options possibles et au choix de la solution présentant la plus grande valeur pour la fonction d'objectif.
- La méthode du rapport Avantage/Coût incrémental.

## 2.9 PRECAUTIONS D'UTILISATION ET LIMITES DE HDM-4

### 2.9.1 Précautions

Pour un bon usage de HDM-4, certaines précautions s'imposent pour parer à toute mauvaise surprise.

En effet un modèle ne représente pas forcément la réalité. Il faut au préalable procéder au calage :

- Correspondance entre dégradations,
- Rythme de dégradation,
- Effets des travaux.

De plus les besoins de calages sont différents d'une application à l'autre et la qualité des résultats dépend du soin apporté au calage.

Plusieurs modèles sont à caler :

- Dégradations des routes,
- Effets des travaux,
- Coûts d'exploitation des véhicules.

Une bonne connaissance du contexte local est primordiale.

Il faut toujours garder un œil critique.

### 2.9.2 Limitations actuelles de HDM-4

En dépit de toutes ses applications intéressantes, HDM-4 a aussi des limites. En effet :

- HDM-4 n'est pas un outil de dimensionnement.
- Il prend mal en compte le milieu urbain.
- La gamme des types de chaussées ou de véhicules peut être agrandie.
- Certains modèles sont perfectibles.

## 2.10 MISE A JOUR DES PARAMETRES DE CALIBRAGE MODELE HDM-4 VERSION 1.3 DANS LE CONTEXTE SENEGALAIS

L'utilisation du modèle HDM-4 dans le contexte sénégalais nécessite un calibrage à partir des paramètres adaptés au contexte local. Dans cette section nous nous limiterons en grande partie aux paramètres déterminés au cours des deux précédents projets de fin d'études<sup>3</sup> et à la mise à jour de ceux qui s'avèrent nécessaires.

### 2.10.1 Présentation du pays

#### 2.10.1.1 Données physiques

Pays de l'Afrique de l'Ouest le Sénégal se situe à l'avancée la plus occidentale du continent africain, dans l'Océan Atlantique. Il se situe entre 12°8 et 16°41 de latitude nord et 11°21 et 17°32 de longitude Ouest. D'une superficie de 196 722 km<sup>2</sup>, il est limité au nord par la Mauritanie, à l'est par le Mali, au sud par la Guinée Conakry et la Guinée Bissau, à l'ouest par l'Océan Atlantique sur une façade de maritime de près de 530 km. La Gambie, située également à l'Ouest, constitue une enclave et sépare la région de la Casamance avec le reste du pays.

Dakar (550 km<sup>2</sup>), la capitale, est une presqu'île située à l'extrême Ouest.

#### 2.10.1.2 Données climatiques

Le climat est au nord du type tropical aride (désertique) et au sud du type tropical humide (Régions de Ziguinchor, Kolda et Tambacounda) avec :

- une saison des pluies de juin à octobre avec un pic en août, septembre et variable selon la latitude (moins de précipitations dans le nord par rapport au sud : elles varient entre 1500 mm au Sud sur une période de quatre mois et 400 mm concentrés au Nord sur un mois et demi). C'est la période des moussons. On ne peut parler de vraie saison des pluies que dans la Casamance, seule région où il y a aussi des forêts dignes de ce nom ;
- une saison sèche de novembre à juin avec des alizés continentaux.

Les températures suivent les saisons :

- en été, période de pluie, les températures sont à leur maximum ;

---

<sup>3</sup> PFE Paramétrage du logiciel HDM-4, Bamba DIOME, ESP/Thiès-AATR\_2007 & PFE Détermination de stratégie d'entretien, de réhabilitation, de renforcement et d'aménagement de routes les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4, Gabriel DIA, Mame Mariteuw Chimère DIOP, ESP/Thiès-AATR\_2008.

- mais sont au minimum au mois de janvier.

Sur le littoral, la mer apporte de la fraîcheur, les températures sont de l'ordre de 18 °C à 30 °C mais le centre et l'est du Sénégal peuvent avoir des températures allant jusqu'à 42 °C.

### 2.10.1.3 Diversité climatique et végétation

De manière générale, l'ouest du pays connaît des températures plus fraîches que l'est à cause de la présence de l'océan. Le centre et l'est du pays connaissent des températures continentales très chaudes pendant la journée, et fraîches la nuit.

Du nord au sud, il existe 5 types de domaines climatiques appartenant au climat tropical :

- Dans la zone sahélienne, au nord dans la région de Saint-Louis, une végétation typique du Sahel représente le domaine de la steppe arborées ou arbustives. De nos jours, la désertification touche cette zone. L'acacia est l'arbre le plus présent avec quelques baobabs.
- Dans la zone sahélo-soudanienne, qui s'étend sur les régions de Dakar, Thiès, Diourbel, Louga, Matam, la steppe fait place à la savane arborée et sèche. Le baobab, l'acacia et le fromager y sont les arbres dominants.
- Dans la zone soudanienne, vers les régions de Fatick, Kaolack, tout le nord et le centre de la région de Tambacounda, la végétation de type savane, est beaucoup plus dense que dans la précédente zone : les arbres y sont beaucoup plus présents, et des forêts clairsemées apparaissent. Baobab, acacias, fromager et palmier sont les arbres dominants dans cette zone.
- Dans la zone soudano-guinéenne, au nord des régions de Ziguinchor, Kolda, et au sud de la région de Tambacounda, les forêts sont très présentes ainsi que de grandes savanes très denses. Les arbres sont variés : baobab, fromager, palmier, filao et rônier.
- La zone guinéenne, sur le sud des régions de Ziguinchor et Kolda. Étant la zone la plus humide, on commence à y reconnaître les caractéristiques du climat équatorial, avec les forêts très denses, parfois presque impénétrables. Tous les arbres du Sénégal sont présents.

En résumé, nous avons trois types de végétation : forêt au sud, savane au centre et steppe au nord.

#### **2.10.1.4 Relief – hydrographie**

Le pays est plat (40 m en moyenne) ne dépassant pas 130 m d'altitude sauf à la frontière sud-est vers la Guinée (Région de Tambacounda) où elle atteint une hauteur maximale de 581 mètres avec une moyenne de 300 m. Les sols sont en général sablonneux et/ou argileux.

Trois grands fleuves traversent le pays d'est en ouest : le Sénégal (1700 km) constitue la frontière avec la Mauritanie au nord et le Mali à l'Est ; la Gambie (750 km) et la Casamance (300 km) au sud.

#### **2.10.1.5 Démographie**

Selon des sources, la population du Sénégal (qui comptait environ 1 million d'habitants en 1900 ; 2,8 millions au moment de l'indépendance en 1960 ; 10.817.844 habitants en 2005) s'élèverait aujourd'hui à 11 343 328 personnes (estimation au 31/12/2007) et pourrait atteindre 13 709 845 fin 2015. Cette population croît donc très rapidement, avec un taux de fécondité supérieur à 4 enfants par femme. Le tableau 2-2 donne la répartition de la population par région.

Le pays compte une vingtaine d'ethnies dont les principales sont : Wolofs (43,3 %), Peuls (23,8 %), Sérères (14,7 %), Diolas (3,7 %), Malinkés (3,0 %), Soninkés (2,1 %) Manjaques (2%) et quelques autres ethnies moins nombreuses et plus localisées.

Les étrangers (en majorité africains, libanais, européens et chinois) représentent environ 2 % de la population. Ils sont surtout présents dans la capitale Dakar où on les rencontre dans le commerce, l'industrie, les services et les organismes internationaux. On les rencontre également au Nord et au Sud du pays, notamment les ressortissants des pays frontaliers. Fin 2007, 16 966 Français étaient inscrits dans les registres consulaires (y compris les binationaux).

Longtemps la population est restée concentrée sur la façade atlantique, mais l'exode rural a accru l'inégalité de cette répartition. Désormais un sénégalais sur quatre vit dans la presqu'île du Cap-Vert et la capitale est au bord de l'asphyxie (En effet, plus de 25% de la population est concentrée dans la région de Dakar).

L'autre pôle de concentration est le centre du pays (le bassin arachidier) avec plus de 35 % de la population. L'Est du pays est très faiblement peuplé.

La région de Dakar, constitue avec celles de Ziguinchor, Thiès et Saint-Louis les régions plus urbanisées. Les moins urbanisées sont celles de Kolda, Matam et Fatick. C'est dans la région de Tambacounda que l'on trouve la plus faible densité (11 habitants au km<sup>2</sup>).

Selon les estimations pour 2007, les centres urbains régionaux de plus de 100 000 habitants sont Touba (529 176), Thiès (263 493), Kaolack (185 976), Mbour (181 825), Saint-Louis (171 263), Ziguinchor (158 370) et Diourbel (100 445).

*Tableau 2-1: effectif de la population, densités en 2005 et taux d'accroissement moyen annuel de 2002-2005 selon la région*

Région	Population	%	Superficie en Km <sup>2</sup>	%	Densités	Accroissement en % de 1988 à 2005
Dakar	2 452 656	23	547	0,3	4 484	2,9
Diourbel	1 183 095	11	4 903	2,5	241	3,8
Fatick	652 361	6	7 910	4	82	1,4
Kaolack	1 132 707	10	15 449	7,9	73	2
Kolda	912 503	8	21 112	10,8	43	2,5
Louga	729 606	7	25 254	12,9	29	2,3
Saint-Louis	764 347	7	19 241	9,2	40	0,9
Tambacounda	669 091	6	59 542	30,4	11	3,2
Thiès	1 385 058	13	6 670	3,4	208	2,3
Ziguinchor	457 847	4	7 352	3,7	62	0,8
Ensemble	10 817 844	100	196 021	100	55	2,4

Source : Projections de la Population du Sénégal issues du RGPH 2002 / DPS

NB : Les régions de Matam, Kaffrine, Sédhiou et Kédougou n'existaient pas en 1988.

### 2.10.1.6 Organisation administrative

Le Sénégal est divisé en 14 régions, départements (ou Préfectures) qui sont subdivisés en Arrondissements (ou Sous-préfectures), Communes, Communautés rurales et Villages. Le village ou le quartier constitue la cellule administrative de base. A la tête de chaque structure se trouve une autorité : un gouverneur et un président de conseil régional pour chaque région ; un préfet pour chaque département ; un sous- préfet par arrondissement ; un maire par commune ; un président par communauté rurale ; un chef de village ou de quartier au niveau le plus périphérique.

### 2.10.1.7 Données économiques et financières

Tableau 2-2 : Monnaie et agrégats économiques

Monnaie	Franc CFA
Parité fixe avec l'euro	1 euro = 655,957 FCFA
Produit Intérieur Brut (2001)	3 331 milliards de francs CFA
PIB/habitant (1999)	327 400 FCFA
Investissement (1999)	345 milliards FCFA

Source : Site internet du ministère de l'économie

Le taux d'actualisation est de 12 % pour le Sénégal.

Tableau 2-3 : Principales productions (1999)

Céréales (dont mil sorgho 72 %)	962.143 T
Arachide	528.826 T
Fruits et légumes	425.738 T
Poissons	394.961 T
Phosphates	1.878.400 T
Huiles et tourteaux d'arachide	238.200 T
Ciment	898.400 T
Engrais	177.800 T
Acide phosphorique	313.300 T
Sel	145.000 T
Tissus de coton imprimés	206.400 T

Source : Site internet du ministère de l'économie

Tableau 2-4: Cheptel (1999)

Bovins	2.927.000 têtes
Ovins	4.497.000 têtes
Caprins	3.833.000 têtes
Volaille industrielle	22.987.000 têtes

Source : Site internet du ministère de l'économie

Principaux produits exportés :

Produits arachidières, produits de la pêche, phosphates, engrais, coton en masse, acide phosphorique, sel et ciment.

Principaux produits importés :

Produits pétroliers, biens d'équipement, céréales et produits alimentaires, biens intermédiaires.

Tourisme :

Les recettes en devises dues au tourisme se chiffraient en 1999 à **101,4 milliards FCFA**

**2.10.2 Données d'entrées du réseau routier**

**2.10.2.1 Caractéristiques physique de l'environnement du réseau**

En résumé, les données physiques et climatiques du pays à introduire dans HDM-4 pour chaque section de route sont :

Pour les précipitations, les valeurs moyennes suivantes sont considérées, par zone climatique:

- 175 mm/mois pour la zone tropicale humide ;
- 50 mm/mois pour la zone tropicale semi-aride ;
- 15 mm/mois pour la zone tropicale aride.

Le tableau suivant résume la quantité moyenne des précipitations par zone climatique, de 2002 à 2006.

Tableau 2-5 : Quantité moyenne des précipitations par zone climatique (mm)

Campagne	Casamance	Diourbel - Dkr - Thiès	LG-St-Louis-Matam	Sénégal Oriental	Sine Saloum
2002/2003	783	357	221	720	466
2003/2004	1 238	423	402	1 055	694
2004/2005	964	318	317	757	710
2005/2006	1 192	625	391	787	757
Moyenne	1044	431	333	830	657

Source : Météo Nationale

L'altitude moyenne est estimée à 40 m pour l'ensemble des régions sauf pour celle de Tambacounda où elle est estimée à 65 m.

### 2.10.2.2 Géométrie des sections

La dénivelée et la sinuosité constituent les données géométrique retenue pour chaque section homogène. La dénivelée, exprimée en m/km, est la somme absolue des variations verticales divisée par la longueur de la section. Quant à la sinuosité moyenne, elle est exprimée en degré/km et est la somme absolue des déviations (angles des deux tangentes externes de chaque courbe) divisée par la longueur de la section.

Pour les routes non revêtues, en absence de données topographiques fiables, nous optons d'utiliser les valeurs par défaut fournies par le modèle HDM-4 et résumé dans le tableau ci-dessous:

*Tableau 2-6 : Dénivelés et Sinuosité des Routes*

Type de terrain	Dénivelée (m/km)	Sinuosité (degré/km)
Terrain parfaitement plat	0	0
Terrain dénivelé par des remblais	10	50
Terrain vallonné	20	150
Terrain légèrement escarpé	50	300
Terrain montagneux	80	500

Quant au nombre de voies, il dépend de la largeur de chaussée; cependant on peut adopter les valeurs par défaut suivantes :

*Tableau 2-7 : Tableau indiquant le nombre de voies par défaut*

Largeur de chaussée	Nombre de voies
< 4,5	1
4,5 - 6,0	1,5
6,0 - 8,0	2
8,0 - 11,0	3
> 11,0	4

### 2.10.2.3 Différents types de revêtement

Sur le réseau routier national sénégalais, on rencontre sept types de revêtement et trois types de fondation pour les chaussées revêtues.

Tableau 2-8 : Différents types de revêtement rencontré sur le réseau routier national

Type	Désignation	Code
1	Enduit (surface Traitement)	ST
2	Béton Bitumineux (Asphalt Concrete)	AC
3	Coulis sur enduit (Slurry on Surface treatment)	SSST
4	Enduit sur Enduit (Reseal on Surface treatment)	RSST
5	Enduit sur Enrobé (Reseal on Asphalt Concrete)	RSAC
6	Enrobé grenu à froid sur enduit (Open graded cold mix surfacing)	OCMS
7	Coulis sur enrobé	AC on AC, ST on AC or AC on ST

Nous considérons trois types de fondation dans le contexte sénégalais :

- fondation granulaire,
- fondation stabilisée au ciment,
- fondation stabilisée au bitume.

Le tableau suivant nous renseigne sur la nature des différents sols d'apport utilisés dans le contexte national.

Tableau 2-9 : caractéristique de la couche d'apport ou de support

Couche d'apport	Latérite (Lat)	Sable (S)	Sable Argileux (SA)	Argile (A)
Taille maximale des grains	20 mm	5 mm	5 mm	2 mm
% passant à 2 mm	45%	85%	90%	95%
% passant à 0.425 mm	30%	50%	70%	80%
% passant à 0.075 mm	25%	30%	50%	60%
IP	20	0	10	30

Source : PTG 2003-2005

Lorsque nous manquons de données précises par rapport à la couche de base, nous pouvons utiliser celles par défaut proposées par HDM-4 et indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 2-10 : Données concernant la couche de base (valeurs HDM par défaut)

	Couche de base				
	Nature	épaisseur	Revetement	CBR sol	Nbre Struct
Trafic < 500 vj	Latérite	15 cm	Bi	10	2,3135
Trafic de 500 à 1000 vj	Latérite	20 cm	Bi	10	2,5696
Trafic > 1000 vj	Lat Ciment	25 cm	BB5	10	3,791
VU	Latérite	15 cm	Bi	10	2,3135
VU	Latérite	25 cm	BB5	10	3,2985

Source : P.F.E. Bamba Diome Paramétrage du modèle HDM-4

A défaut de valeurs de la déflexion, on peut renseigner seulement le nombre structurel. Les coefficients d'équivalence du tableau ont été retenus pour les différents types de matériaux rencontrés :

Tableau 2-11 : Coefficient d'équivalence

	Coefficient d'équivalence
Enduit	0,4
Enrobé	0,4
Latérite	0,13
Lat ciment	0,18
GB	0,3

Source : P.F.E. Bamba Diome Paramétrage du modèle HDM-4

Le tableau 2-12 ci-dessous, rassemble d'autres paramètres utiles du réseau.

Tableau 2-12 : Autres caractéristiques des routes du réseau

Altitude (m)	40
Temps de conduite sur route mouillée (%)	20
Temps de conduite sur route enneigée (%)	0
Profondeur de la texture (%)	0,69

Source : P.F.E. Bamba Diome Paramétrage du modèle HDM-4

#### 2.10.2.4 Niveau de dégradation des routes

Comme mentionné dans le chapitre 1, la dégradation des routes revêtues est déterminée grâce à la méthode de VIZIR tandis que celle des routes non revêtues est réalisée grâce à la méthode VIZIRET. Le tableau ci-dessous permet de passer des indices VIZIR aux indices HDM, établis par l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées de Paris :

Tableau 2-13 : Coefficient d'équivalence

Type de dégradation	Indice VIZIR	Indice HDM	
Fissuration&arrachements	0	0	%
	1	10	
	2	30	
	3	90	
Nids de poules	0	0	Nombre/km
	1	20	
	2	50	
	3	150	
Epaufures	0	0	Largeur moyenne
	1	5	
	2	20	
	3	50	
Profondeur d'ornière	0	0	Profondeur (mm)
	1	10	
	2	30	
	3	50	

#### 2.10.2.5 Estimation du trafic, du nombre structurel, de l'uni et de l'âge et de l'historique des chaussées

*Le nombre structurel* est estimé à partir de l'épaisseur des couches donnée par les sondages géotechniques en adoptant les valeurs-types suivantes (valeurs par défaut fournies par le modèle HDM) :

- 1,0 pour un revêtement bicouche ou monocouche de 12 mm ;
- 1,5 pour un revêtement bicouche ou monocouche de 25 mm ;
- 2,0 pour un revêtement en enrobé de 5 cm ;
- 3,0 pour un revêtement en enrobé de 8 cm.

*L'uni* est estimé en adoptant les valeurs suivantes suggérées par HDM :

Tableau 2-14 : Valeur de l'Uni (en IRI)

Qualité de la chaussée	Valeur de l'IRI	
	pour route revêtue	pour route non revêtue
Surface lisse	2	4
Surface raisonnablement lisse	4	8
Surface moyennement lisse	6	12
Surface rugueuse	8	15
Surface très rugueuse	13	20

L'âge des chaussées est donné par la banque de données routières de l'AATR. Mais pour les routes dont l'historique n'est pas disponible, les estimations du PTG 2003 – 2005 ont été considérées. Ainsi, on estime que :

- pour chaussée en bon état, âge  $\leq 5$  ans
- pour chaussée nécessitant un renouvellement de la couche de surface, âge = 9 ans
- pour chaussée nécessitant un renforcement, âge = 14 ans
- pour chaussée nécessitant une réhabilitation, âge = 18 ans

Quant à l'historique des chaussées, les considérations faites sont consignées dans le tableau 16 suivant :

Tableau 2-15 : Historique des chaussées

AGE1	Age du dernier traitement préventif. S'il n'y en a pas eu, AGE1=AGE2
AGE2	Age de la dernière imperméabilisation. S'il n'y en a pas eu, AGE2=AGE3
AGE3	Age de la dernière réhabilitation. S'il n'y en a pas eu, AGE3=AGE4
AGE4	Age de la dernière reconstruction(ou de la construction)

Pour ce qui est des *trafics*, c'est-à-dire des véhicules circulant sur le réseau routier, le dernier comptage exhaustif de trafics portant sur les réseaux revêtu et non revêtu date de 2007 et a été réalisé par le bureau d'étude Polyconsult Ingénierie. Les données de trafics ont été tirées soit :

- des comptages de 2007 qui ne couvrent qu'une partie du réseau classé;
- des trafics reconstitués par le bureau d'études STUDI lors de l'élaboration du PTG 2003-2005.

### 2.10.2.6 Les paramètres de circulation des véhicules

Les *vitesses limites*, exprimée en km/heure, indique la vitesse maximale de circulation des véhicules sur un tronçon routier. Les valeurs du Plan National de transport ont été adoptées. Ces valeurs de vitesse moyenne à faible trafic (absence de saturation) sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 2-16 : Vitesse moyenne des véhicules sous trafic

Véhicules	Surface	Route à 4 voies (14 m)	Route à 3 voies étroites (9 m)	Route à 2 voies larges (7 m)	Route à 2 voies étroites (5,5 à 6 m)	Route à 1 voie (3,5 m)
Véhicules légers	Revêtue	100 km/h	86 km/h	82 km/h	78 km/h	66 km/h
	Non revêtue			64 km/h	56 km/h	
Véhicules lourds	Revêtue	75 km/h	66 km/h	62 km/h	58 km/h	52 km/h
	Non revêtue			52 km/h	48 h/h	

Source : Etude du plan triennal de transport du Sénégal 2007-2009

En zone urbaine, il est considéré une vitesse maximale de 50 Km/h.

Quant à la *composition du trafic*, on retient les huit (8) types de véhicules suivants pour l'évaluation économique. Ces différents types de véhicules et leurs principales caractéristiques techniques sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 2-17: Types de Véhicules

Types de véhicules	Véhicules représentatifs
Véhicule particulier	Peugeot 405, Renault R21 Nevada
Taxi inter-urbain	Peugeot 504 Pick-up, fourgonnette Citroen C15
Camionnette passagers et minibus	Mitsubishi Pajero 4 x 4, Toyota Hilux 4 x 2
Autocar	Mercedes Benz 815 et Renault B110
Camionnette marchandises	Toyota
Camion 2 essieux	Renault ME-160-13
Camion 3 essieux	Renault GLR 320
Ensemble articulé	Mercedes 1924 LS

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

L'équivalent espace véhicule particulier (PCSE) utilisé pour convertir le débit est fondé uniquement sur la place occupée par chaque véhicule. Le tableau 2-18 indique les valeurs conseillées pour différentes routes et différents véhicules. Ces valeurs varient de 1 à 3.

Pour ce qui est des paramètres, leurs valeurs usuelles sont indiquées au tableau 2-19.

*Tableau 2-18 : Valeur du PCSE pour différentes routes et différents Véhicules*

Type de route	Voiture	Pick-up	Bus	Camion Léger	Camion moyen	Camion lourd	Camion articulé
Voie unique	1	1	2,2	1,5	1,8	2,4	3
Intermédiaire	1	1	2	1,4	1,6	2	2,6
Deux voies	1	1	1,8	1,3	1,5	1,8	2,2
Deux voies larges	1	1	1,8	1,3	1,5	1,8	2,2
Quatre voies	1	1	1,8	1,3	1,5	1,8	2,2

*Tableau 2-19 : Valeur des paramètres pour différentes routes*

Type de route	Largeur	XQ1	XQ2	Qult	Sult	$\sigma_{maxr}$
Voie unique	< 4	0	0,7	600	10	0,75
Intermédiaire	4 à 5,5	0	0,7	1200	20	0,7
Deux voies	5,5 à 9	0,1	0,9	1400	25	0,65
Deux voies larges	9 à 12	0,2	0,9	1600	30	0,6
Quatre voies	> 12	0,4	0,95	2000	40	0,6

Les *caractéristiques techniques* de ces véhicules, sont résumées dans les tableaux ci-dessous. Elles découlent des considérations du Plan National de Transport et des études récentes comme celles réalisées en 2003 pour les besoins des routes Ziguinchor – Cap Skirring et de l'Autoroute Dakar – Thiès.

Tableau 2-20 : Caractéristiques Techniques des Véhicules

Catégorie de véhicule	Durée Moyenne de Vie (ans)	Type de Carburant	Nombre de places ou charge utile	Nombre Essieux	Valeur Essieu Equivalent	Nombre de Pneus
Voiture particulière	12	essence	5 places	2	0,01	4
Taxi	12	diesel	6 places	2	0,01	4
Minibus (- 18 places)	12	diesel	9 places	2	0,01	4
Car et Autocar	12	diesel	32 places	2	0,01	4
Camionnette	15	diesel	1,5 tonne	2	0,01	4
Camion à 2 essieux	15	diesel	10 tonne	2	2,78	6
Camion de + 2 essieux	15	diesel	15 tonne	3	4,66	10
Ensemble articulé	15	diesel	25 tonne	5	9,47	18

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

Tableau 2-21 : Autres caractéristiques Techniques des Véhicules

Type de véhicule	Kilométrage annuel	Age moyen (ans)	Capacité ou charge utile	Utilisation Privée	Heures de roulage / an
Voiture particulière	25 000	7	4/5 passagers	100%	500
Taxi interurbain	70 000	8	7/8 passagers	0%	1 400
Camionnette/ Minibus	40 000	6	14/29 passagers	0%	1 000
Autocar	65 000	8	30/35 passagers	0%	1 300
Camionnette marchandise	65 000	6	1 tonne	0%	1 300
Camion 2 essieux	75 000	10	10 tonne	0%	1 500
Camion > 2 essieux	75 000	10	20 tonne	0%	1 500
Ensemble articulé	65 000	10	25 tonne	0%	1 300

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

Les composantes de coûts hors taxes sur les véhicules sont estimées dans le tableau ci-dessous. Rappelons que ces prix fluctuent très rapidement aussi, est-il nécessaire de se renseigner assez souvent.

*Tableau 2-22 : Coûts de carburant et des lubrifiants*

		<b>Prix hors taxe</b>
Carburant	Diesel	491 FCFA/litre
	Essence super	618 FCFA/litre
Lubrifiants et graisses		2350 FCFA/litre

*Source : enquête auprès des distributeurs de carburant OILIBYA (juin 2009)*

*Tableau 2-23 : Composantes des Coûts HTT sur les Véhicules (en F.CFA)*

Catégorie de véhicule	Prix d'Achat	Taux d'intérêt (%)	Prix Pneu + chambre	Coût Heure Entretien	Coût Heure Equipage	Frais Généraux
Voiture particulière	9 100 000	15	39 360	437	0	0
Taxi	9 100 000	15	42 200	437	260	106 120
Minibus (18 places)	14 000 000	15	57 400	437	260	67 120
Car et Autocar	16 000 000	15	106 600	437	200	140 000
Camionnette	12 800 000	15	87 730	437	200	85 500
Camion à 2 essieux	50 000 000	15	324 883	437	540	231 500
Camion de + 2 essieux	70 000 000	15	324 883	437	540	240 950
Ensemble articulé	90 000 000	15	324 883	437	540	250 500

*Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004*

Précisons que les taux de croissance annuelle du trafic normal ont été calés sur la croissance du PIB, égal à 5%, pour les véhicules de transport de marchandises et sur l'évolution de la population, estimée à 3%, pour les véhicules de transport de personnes.

## **2.11 CONCLUSION**

Il ressort de ce chapitre que HDM-4 est un modèle d'aide à la prise de décision pour les investisseurs et les gestionnaires de la route. De toutes les préoccupations du gestionnaire routier (planification, programmation, préparation, réalisation), seule la réalisation n'est pas prise en compte par le modèle HDM-4. C'est dire l'importance de cet outil qui justifie son utilisation dans presque tous les pays du monde. Cependant, en dépit de son importance, HDM-4 ne demeure pas moins un outil, qui pour être efficace nécessite un grand sérieux dans le travail de collecte d'informations qui se fait en amont de toute analyse. Plus les données d'entrée sont précises et plus fiables seront les résultats des analyses. L'objet de notre PFE n'étant pas le paramétrage du modèle HDM-4, nous nous sommes contentés d'exposer brièvement les principes et le mode de fonctionnement. L'étude du paramétrage dans le contexte local Sénégalais, ayant déjà fait l'objet d'un projet de fin d'études en 2007<sup>4</sup>, nous nous sommes limités à exploiter ses résultats et procéder à l'actualisation des données qui nécessitaient une mise à jour.

---

<sup>4</sup> PFE Bamba DIOME Paramétrage du modèle HDM-4 ESP/Thiès-AATR, Juillet 2007

*CHAPITRE 3 : NORMES D'ENTRETIEN ET D'AMENAGEMENT*

La route qu'elle soit revêtue ou non se dégrade dès sa mise en service quel que soit les soins apportés à sa construction. L'entretien est le seul remède contre sa dégradation, et le moyen le plus sûr de pérenniser le patrimoine routier. Cependant, l'entretien pour être efficace, doit être bien pensé, bien programmé et bien exécuté. Nous nous proposons donc de revenir dans ce chapitre sur les opérations d'entretien, les normes et pratiques d'entretien dans le contexte de pays tropicaux en général et dans le contexte national en particulier.

### **3.1 GENERALITES SUR LES OPERATIONS ELEMENTAIRES D'ENTRETIEN DES CHAUSSEES**

L'entretien des chaussées est une nécessité qui va de la survie même des ouvrages. Aussi doit-il faire l'objet d'une vigilance permanente de la part de l'administration responsable de la gestion du réseau routier.

L'objectif de l'entretien est la réparation, mais aussi la prévention des effets destructeurs. De ce fait l'entretien exige une surveillance permanente, de la chaussée, de ses dépendances (accotements, canalisations,...) et de ses accessoires (signalisations...), qui doit s'exercer jusque dans les plus petits détails.

Les moyens mis à la disposition des services d'entretien étant souvent limités, ceux-ci doivent être utilisés en fonction de l'ordre de priorité mentionné ci-dessous et qui correspond aussi aux objectifs visés par l'entretien. Ainsi, l'entretien doit :

- Maintenir le trafic dans des conditions acceptables.
- Veiller à la sécurité des véhicules.
- Pérenniser le patrimoine routier en veillant au bon état des éléments qui conditionnent la durée de vie de la chaussée.
- Assurer le confort des usagers.
- Eviter la dégradation du bon aspect de l'ensemble formé par la route et ses abords.

Quel que soit le type de route (revêtue ou non), il existe trois sortes d'interventions possibles :

#### **3.1.1 Entretien courant**

C'est l'entretien et la réparation localisée des chaussées et de leurs dépendances (accotements, canalisations...) pour le maintien ou le rétablissement du niveau normal de service pour le trafic et la circulation.

Il comprend toutes les opérations (interventions généralement simples, de faible ampleur et souvent dispersées) effectuées au jour le jour par une équipe affectée en permanence à ces activités, et faisant surtout appel à des procédés manuels utilisant des outils simples. Les besoins peuvent être estimés et programmés ; les travaux sont souvent exécutés sur une base routinière et sont quasiment identiques d'une année à l'autre.

Selon les moyens utilisés, on distingue pour l'entretien courant deux groupes de tâches bien distinctes :

### **3.1.1.1 Le cantonnage**

C'est un ensemble opérations manuelles effectuées sur les dépendances de la route :

(Les accotements, les systèmes de drainage, les talus, la signalisation verticale,...)

Il peut arriver que certaines interventions sur la chaussée soit considérées comme du cantonnage dans la mesure où elles sont exécutées manuellement (bouchage de nids de poules).

Les opérations de cantonnage ne requièrent en général que du petit matériel (pelles, pioches, brouettes etc.)

### **3.1.1.2 L'entretien courant mécanisé**

L'entretien courant mécanisé concerne généralement les chaussées non revêtues. Il s'agit notamment du reprofilage, avec ou sans apport de matériaux de chaussée, effectué une ou plusieurs fois dans l'année en fonction de l'intensité du trafic et des dégradations dues au climat.

Il arrive aussi que l'entretien des chaussées revêtues soit considéré comme un entretien mécanisé même si le bouchage de nids de poule est souvent effectué manuellement.

Cet entretien courant mécanisé des chaussées ne doit pas être confondu avec l'entretien périodique, qui est en général effectué avec des moyens mécaniques plus importants.

L'absence ou la négligence de l'entretien courant provoque inévitablement des dégradations graves et même entraîner la destruction de la route : il a en tout cas, pour conséquence d'accroître les charges d'entretien ultérieures.

### **3.1.1.3 Rapport sur l'état des routes**

Bien que n'étant pas une tâche d'entretien, le rapport sur l'état des routes s'avère important et incombe aux équipes d'entretien courant. En effet, pour permettre l'établissement d'un

programme portant sur les gros travaux d'entretien, il est souhaitable voire indispensable de connaître à l'avance les secteurs qui nécessiteront une attention spéciale. Les équipes d'entretien doivent donc rédiger des rapports relatant toute observation significative d'une détérioration plus rapide que la normale, d'un commencement de destruction de la chaussée ou d'un ouvrage, et de tout danger en puissance pour l'utilisateur.

### **3.1.2 Entretien périodique**

C'est l'entretien et la réparation des chaussées et de leurs dépendances par la correction des dégradations et le rétablissement des caractéristiques initiales.

Il consiste en un ensemble d'opérations qui doivent être réalisées ponctuellement et de façon périodique. Ce sont en général des travaux de grande ampleur nécessitant un équipement spécialisé et du personnel qualifié. Les interventions sont coûteuses et doivent être soigneusement identifiées et programmées. Certains travaux d'entretien périodique comprennent également des travaux d'amélioration, tels que la mise en place de couches de roulement minces en enrobés à chaud.

Les tâches de l'entretien périodique sont définies et planifiées dans chaque stratégie d'entretien.

### **3.1.3 Réhabilitation et renforcement**

C'est l'ensemble des travaux de remise en état ou de reconstruction des chaussées (revêtement et assises) et de leurs dépendances pour adapter les performances structurales à l'évolution du trafic.

La réhabilitation s'impose lorsque l'entretien périodique ne peut plus maintenir la circulation dans des conditions normales d'exploitation du réseau. Elle ne peut pas être considérée comme une tâche d'entretien.

### **3.1.4 Entretien d'urgence**

C'est l'ensemble des interventions dues à des situations imprévues et nécessitant des actions de réparation à effectuer aussitôt que possible (dégradations dues à des inondations, à des glissements de terrain ....) après l'évènement générateur du dommage, voire pendant l'évènement.

### **3.1.5 Entretien améliorant**

Il regroupe toutes les tâches qui augmentent la valeur de l'investissement routier, et par conséquent le niveau de service de la route.

Ces taches demandent un investissement important l'année de leur exécution et entraînent souvent des coûts d'entretien plus important. Cependant, elles peuvent s'avérer rentables à moyen ou long terme. Comme entretien améliorant, nous pouvons citer

- l'exécution de couches de roulement
- la mise hors d'eau de la route
- la construction d'ouvrages définitifs
- la construction de nouveaux ouvrages
- la réalisation de fossés maçonnés
- la rectification de virages et ouvrages de sécurité divers
- la construction de protections diverses

### **3.1.6 Entretien préventif**

C'est une intervention anticipée faite dans le but d'empêcher l'apparition de certains désordres ou au pire de minimiser leurs effets.

L'entretien courant et l'entretien périodique doivent être pensés dans un but préventif qui devrait restreindre les conséquences de tous les facteurs de dégradation des chaussées et des ouvrages. Il s'avère donc important de réaliser une auscultation régulière des chaussées avant que les dégradations aient atteint une trop grande sévérité afin de mettre en place une politique d'entretien préventif.

### **3.1.7 Entretien curatif**

Il est fait une fois le dommage constaté. Les dégradations ne devraient se produire que dans les cas d'imprévisibilité totale. Il en est d'ailleurs de même pour l'entretien d'urgence.

## **3.2 LES INTERVENTIONS SUR LES ROUTES REVETUES**

### **3.2.1 Entretien courant**

#### **3.2.1.1 Entretien des surfaces de chaussées**

L'entretien courant de la surface d'une chaussée bitumineuse se limite aux opérations élémentaires de scellement des fissures et de bouchage des nids de poule. Pour ces deux opérations, un cut-back fluide ou bien une émulsion de bitume conviennent parfaitement. Le gravillon utilisé doit être de dimension semblable à celui constituant le revêtement.

#### **3.2.1.2 Entretien des accotements**

L'accotement est toute la partie de la route comprise entre le bord de la chaussée et le fossé de drainage.

Quel que soit le type de route (revêtue ou non), il est important que l'écoulement de l'eau provenant de la chaussée ne soit pas gêné.

L'entretien des accotements consiste donc à éliminer tous les dépôts ou autres matières accumulés sur les bords de la route au point d'obstruer les évacuations d'eau et d'élever le niveau des accotements au-dessus de celui de la chaussée.

Lorsque les accotements sont dépourvus de végétation, il est plus facile de les entretenir à la niveleuse.

Mais lorsque les accotements sont gazonnés, il convient de veiller à ne jamais laisser l'herbe croître au point de gêner la visibilité ou de cacher des obstacles tels que blocs de pierre ou branches d'arbres qui pourraient endommager les véhicules empruntant les accotements.

Sur les routes à grande circulation et au voisinage des villes, il faut donner la préférence aux variétés d'herbes basses. On peut aussi utiliser des produits chimiques, retardateurs de croissance et des engrais permettant de favoriser un développement sélectionné des variétés d'herbes les plus appropriées.

L'herbe doit être coupée régulièrement à l'aide de tondeuses ou de faucheuses et il convient de s'assurer que les produits végétaux coupés ne risquent pas d'obstruer le système de drainage.

Notons qu'il est intéressant d'avoir des accotements gazonnés car les racines végétales couvrent le sol et diminuent l'effet d'érosion due au ruissellement de surface.

### **3.2.1.3 Entretien des fossés**

L'entretien courant des fossés consiste en leur curage. Il contribue à améliorer la forme du fossé et à extraire tout ce qui s'oppose au libre écoulement de l'eau.

### **3.2.1.4 Signalisation**

L'entretien courant des signalisations consiste généralement à la remise en état des signaux et à d'autres réparations de petite importance. La peinture classique pour signalisation convient parfaitement.

En signalisation horizontale sur les chaussées revêtues, les peintures routières, et notamment celles dans lesquelles du caoutchouc est incorporé, sont particulièrement indiquées pour la plupart des routes en rase campagne. Sur les routes à grande circulation, la fréquence de

renouvellement des couches de peinture peut être telle qu'il soit judicieux d'employer des produits thermoplastiques à base de résine spécialement préparés pour les climats tropicaux.

### **3.2.2 Entretien périodique**

Nous passerons ci-après en revue les principaux types de dégradations, leurs causes et leurs remèdes les plus courants (point à temps<sup>5</sup> et enduits généraux).

#### **3.2.2.1 Usure de la couche de roulement**

Qu'elle soit en enduit superficiel ou en enrobé dense, la couche de roulement s'use sous le trafic et avec le temps. Pour traiter l'usure de la couche, on peut avoir recours à la régénération qui consiste en l'application d'une faible dose d'huiles légères à la surface de la chaussée. Cette technique permet de redonner temporairement aux liants la plasticité qu'ils ont perdue. Elle permet également de différer à très peu de frais le renouvellement d'un enduit, de prolonger un enrobé ou de lutter contre la « pelade », caractéristique d'un désenrobage généralisé.

Mais cette technique ne peut être envisagée que si les gravillons sont de bonne qualité, si le liant était à l'origine en quantité suffisante et si le mauvais état de la chaussée n'a pas entraîné de fissurations trop importantes.

En fait, il est certain que l'exécution périodique d'un nouveau revêtement permet seule de corriger à la fois une augmentation de la glissance et une perte sensible de l'imperméabilité.

#### **3.2.2.2 La peau de crocodile**

Elle se rencontre sur les couches de roulement en enduits et est caractérisée par l'apparition sur toute l'épaisseur du revêtement, d'un réseau plus ou moins rectangulaire de fissures pouvant aboutir à sa désagrégation totale. On pourrait envisager un renforcement pour y remédier.

#### **3.2.2.3 Le faïençage**

C'est un réseau irrégulier, parfois très serré de fissures qui affectent les couches de roulement en enrobés. Il porte souvent atteinte à l'imperméabilité de la chaussée.

Dans le cas où la couche de base est hors de cause, et si le mal est pris à son début, un traitement de régénération aux huiles fluidifiantes peut être tenté. Sinon il est préférable d'appliquer un enduit, qui permet de rétablir plus sûrement l'imperméabilité de la surface.

---

<sup>5</sup> C'est l'ensemble des procédés de réparation des dégradations localisées de toute nature, lorsqu'elles sont trop importantes, pour être tolérées jusqu'à la prochaine campagne de revêtements généraux.

Lorsque les fissures atteignent plusieurs millimètres elles sont ,préalablement au revêtement ,nettoyées au balai ou à l'air comprimé, puis remplis à l'aide de sand-asphalt, ou d'agrégats de petit calibre et d'un liant bitumineux.

Si la cause du faïençage se trouve dans l'insuffisance des couches inférieures, il faut se résigner au renforcement.

#### **3.2.2.4 Le désenrobage**

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

Le plus souvent, on obtiendra une consolidation de la couche de roulement en l'enrichissant légèrement en liant par un enduit de scellement. Mais il faudra parfois envisager la reprise complète des sections endommagées pour éviter des irrégularités de surface.

Sur une chaussée ancienne, le désenrobage est une manifestation normale d'usure, et en particulier de vieillissement du liant. Le seul remède consiste alors en l'application d'un tapis d'entretien, ou, si le mal est pris à temps, en un traitement de régénération.

#### **3.2.2.5 Le ressuage**

C'est la remontée de bitume à la surface du revêtement. Elle s'observe surtout sur les enduits, lorsque le dosage en liant est trop élevé. Il peut se produire également pour la même raison sur les matériaux enrobés.

On y remédie le plus souvent par un simple sablage suivi d'un cylindrage léger, mais cette opération doit être renouvelée. Il faut employer un sable assez gros ou un gravillon 2/5. Dans les cas extrêmes, il peut être nécessaire d'enlever l'excès de liant par des moyens mécaniques, lame de niveleuse par exemple.

#### **3.2.2.6 Les glissements de revêtements**

Ce sont des mouvements très importants de la couche de surface qui se manifestent par un réseau de fissures paraboliques évoluant, dans les cas extrêmes, vers de larges déchirures.

L'usure des bords du revêtement est due à l'absence de butée latérale. Elle est souvent aggravée par l'action des eaux de surface sur des accotements insuffisamment stabilisés, ou en pente trop forte.

Les bordures en béton ou en briques constituent un remède très onéreux .Elles sont avantageusement remplacées par un boudin en matériaux enrobés déposé à la main dans une petite saignée latérale de section triangulaire.

Une couche de base correctement établie doit déborder de 0.50 m de part et d'autre du revêtement, et recevoir une imprégnation sur 0.25 m de chaque côté. Si ce dispositif n'a pas été prévu, et si la couche de roulement est attaquée, on peut imprégner l'accotement sur 0.50 m, après l'avoir rechargé s'il le faut, soigneusement réglé à une pente convenable, et compacté. Si une simple imprégnation n'est pas suffisante, on pourra la compléter par un sablage ou un léger gravillonnage.

### **3.2.2.7 Les ornières et flaches**

Elles sont souvent dues au défaut de résistance d'une couche inférieure de la chaussée, ou de la fondation. Elles peuvent également être dues à une insuffisance de stabilité d'une couche de surface en enrobés.

Si les déformations sont généralisées, la reconstruction ou le renforcement s'imposent. Les déformations rencontrées pourront être traitées par point à temps poussé jusqu'à la couche défectueuse.

### **3.2.2.8 Les affaissements des bords de chaussée**

Ils sont causés par l'insuffisance de la butée des accotements ou par un défaut de portance de la fondation. Ils sont fréquents sur les routes que l'on s'est contenté de revêtir sur une plateforme trop étroite, sans l'élargir pour reconstituer des accotements suffisants. Le seul remède consiste à reprendre le profil en travers.

Ces affaissements se rencontrent souvent aussi le long des accotements non dérasés dont la présence favorise les infiltrations d'eau de pluie en bordure de la chaussée. Ils peuvent encore provenir tout simplement d'un défaut de drainage. Selon le cas, on dérasera les accotements, on curera les fossés, ou on les approfondira.

### **3.2.2.9 Des déformations d'aspect ondulatoire**

Elles se produisent sur des revêtements épais, ou sur des couches de base en enrobés fins, aux carrefours, aux accès d'ouvrages ou dans les rampes. Elles sont la conséquence des freinages répétés et sont imputables à un défaut de stabilité de l'enrobé. Le seul remède est une réfection totale.

### **3.2.2.10 Les nids de poule**

Ce sont des cavités à bords francs plus ou moins profondes, caractérisées par la destruction complète de la couche de roulement et l'éjection de quantités importantes de matériaux du corps de chaussée.

Les couches détruites doivent donc être, aussi rapidement que possible, reconstituées par la méthode du point à temps.

### **3.3 LES INTERVENTIONS SUR LES ROUTES NON REVETUES**

#### **3.3.1 Entretien courant**

L'entretien courant d'une chaussée en terre est plus complexe que celui d'une chaussée revêtue bien construite. En effet les chaussées en terre sont souvent affectées par des tôles ondulées. Et on y remédie essentiellement par un reprofilage périodique de la chaussée, à une cadence telle que les ondulations n'atteignent jamais une amplitude inacceptable ; il comporte la reprise des matériaux rejetés sur les bords de la plateforme et leur réglage sur la chaussée.

Précisons que, excepté l'entretien courant des surfaces de roulement qui diffère selon le type de routes (revêtues ou non) il n'y a pas de différences significatives entre l'entretien courant des accotements, des fossés et des signalisations.

L'entretien courant des routes non revêtues se fait généralement avec des râtaux, des pelles, des pioches, des balais, des tolards, des lames de niveleuses ou autres engins tirés par des tracteurs légers...

#### **3.3.2 Entretien périodique**

Quel que soit l'entretien courant dont elle est l'objet, une route en terre se dégrade inévitablement et l'emploi de la niveleuse automotrice est la seule méthode vraiment satisfaisante pour supprimer la tôle ondulée durcie et les autres irrégularités de surface.

##### **3.3.2.1 Reprofilage**

Les travaux de reprofilage portent sur la remise en forme de la chaussée avec ou sans compactage. La fréquence du reprofilage périodique dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'intensité et la nature de la circulation ainsi que la quantité des matériaux de surface.

##### **3.3.2.2 Rechargement**

Quelque soigné et intensif que puisse être l'entretien, la route en terre donne toujours lieu à une perte importante de matériaux. Une forte proportion de ces matériaux perdus est constituée par les fines particules argileuses ou silteuses, éléments essentiels pour assurer la cohésion des câbles et des graviers dans la chaussée. L'expérience montre que ces pertes peuvent être considérables et de l'ordre de 25 mm par an et par 100 véhicules /jour de trafic. Sur une chaussée de 6 m, une diminution d'épaisseur de 25 mm correspond à environ 250

tonnes de matériaux perdus par kilomètre. Les pertes peuvent être sensiblement plus importantes.

Il est indispensable de reconstituer périodiquement la couche de roulement détruite par l'érosion pluviale, l'action du trafic, l'effacement de la tôle ondulée et les reprofilages.

Les travaux de rechargement consistent à la mise en place d'une couche de roulement de 15 cm partout où l'épaisseur résiduelle est inférieure à 5 cm.

Le rechargement doit être effectué dès qu'il apparaît nécessaire. Si l'on retarde l'opération, on risque d'assister à une déperdition excessive des éléments fins de cohésion, aussi bien qu'à une pollution par le sol de la plateforme des matériaux de surface subsistants.

Le type de matériau graveleux à choisir pour la construction et le rechargement des routes en terre dépend du climat. Sous un climat aride, on peut accepter une plus forte proportion d'éléments plastiques ; on peut atteindre 25% d'éléments fins (au tamis n°200) dans les régions très sèches où la saison des pluies est courte. Dans les régions tropicales, le pourcentage doit être voisin de 20.

Il peut être nécessaire de recharger la chaussée tous les deux à cinq ans, la périodicité dépendant du niveau de circulation, de la catégorie de la route, de la nature des matériaux, du climat, etc. Avec la croissance du trafic, et sous la pression de l'utilisateur qui exige toujours de meilleures surfaces de roulement, il peut devenir nécessaire de procéder à des rechargements tous les ans ; mais dans ce cas il faut examiner très sérieusement l'opportunité de revêtir la chaussée.

Dans une opération de rechargement, les irrégularités de surface doivent d'abord être complètement supprimées, ce qu'on peut obtenir à la niveleuse. On obtient de meilleurs résultats en scarifiant la couche de base jusqu'au plus profond des irrégularités, et en mélangeant, avant profilage et compactage, le matériau graveleux nouvellement apporté avec le matériau scarifié.

Après avoir répandu et éventuellement mélangé le matériau, la mise au profil, avec le bombement convenable, doit être réalisée avec soin et précision. C'est à ce stade qu'il faut entreprendre cette opération, car la mise en forme après compactage est une opération parfois difficile et toujours peu recommandée, la reprise du matériau compacté en vue d'obtenir le profil correct pouvant causer des dégradations à la chaussée.

Pour que l'opération de rechargement soit pleinement efficace, il faut en même temps vérifier l'état des accotements et des fossés pour s'assurer que l'eau de pluie est rapidement évacuée de la surface de la chaussée.

L'entretien courant ne doit pas être négligé après le rechargement, mais doit continuer selon un programme d'entretien bien établi à l'avance.

Tableau 3-1 : Taches d'entretien et fréquences sur les routes revêtues et non revêtues

Tâche	Définition	Périodicité
Rechargement partiel	Apport de matériaux pour reconstituer la chaussée au niveau des zones localisées. Elle intervient si ces zones représentent moins de 50% de l'itinéraire.	Dépend de la sollicitation du trafic.
Reprofilage lourd	Cette tâche s'exécute dans les sections d'épaisseur résiduelle de la couche de roulement comprise entre 8 et 5 cm et où les fossés se trouvent dans un mauvais état.	Sa fréquence d'exécution varie de 1 à 2 pour les routes fortement circulées.
Reprofilage léger	Il est exécuté systématiquement sur tous les tronçons sous circulation avec des fréquences d'intervention variant de 2 à 6 suivant le trafic et la qualité des matériaux de chaussées ; il vise à supprimer la tôle ondulée	Sa fréquence annuelle est de 2 à 6 selon le trafic et les matériaux de chaussée.
Curage mécanique des fossés en terre	L'opération consiste à nettoyer les fossés et leurs abords puis à évacuer les débris de façon à faciliter une bonne circulation des eaux de ruissellement.	Sa fréquence est de 1 à 2 fois par an dans les régions du nord et du sud.
Point à temps en terre	Il consiste à boucher les trous apparus par des matériaux de bonne qualité.	Sa fréquence est principalement fonction du trafic et des matériaux de chaussée.

Point à temps bitume	Il consiste à supprimer apparus sur les tronçons de route bitumée.	Sa fréquence est principalement fonction du trafic et du drainage de la chaussée.
Rechargement d'accotement sur routes bitumées	Elle consiste à recharger les accotements avec des matériaux de chaussée.	Sa fréquence est principalement fonction du drainage de la chaussée.
Réhabilitation d'ouvrage	Reprise ou réhabilitation d'ouvrage	Pas de fréquence prédéfinie
Mise en forme de piste	Elle consiste à rétablir la circulation sur une piste par l'exécution d'un certain nombre des tâches précédemment notamment : la construction d'ouvrage, le reprofilage lourd, le rechargement partiel, le curage mécanique des fossés.	Pas de fréquence prédéfinie
Cantonnage annuel	Il englobe les travaux de désherbage manuel, de curage manuel des fossés, des ouvrages d'assainissement et des caniveaux, des bassins de rétention et des divergents.	4 passes par an suivant les régions.
Signalisation verticale	Reprise des balises et panneaux	Pas de fréquence prédéfinie
Barrières de pluies	Il s'agit de barrières de pluie installées sur des tronçons de routes en terre. Leur fermeture pendant et après les pluies permet d'éviter les défoncements de la route sous l'effet du trafic et de sauvegarder ces tronçons de route de terre. Leur garde est assurée par des agents de la localité avec qui des contrats individuels sont signés en fonction de la durée des pluies dans la zone considérée.	Durant la saison des pluies

Source A.A.T.R 2006

## 3.4 LES NORMES D'ENTRETIEN ET D'AMENAGEMENT NATIONALES UTILISABLES DANS LE MODELE HDM-4

### 3.4.1 Terminologie HDM-4

#### 3.4.1.1 Normes de travaux

Une norme est un ensemble d'opérations avec leurs conditions d'application. On distingue en gestion routière deux principaux types de norme :

- Norme d'entretien,
- Norme d'aménagement.

#### 3.4.1.2 Normes d'entretien

##### Définition

Dans le modèle HDM-4, on désigne par normes d'entretien un ensemble cohérent d'opérations d'entretien individualisées, et qui peut être utilisé pour bâtir des options.

Les normes d'entretien ne permettent pas de modifier la géométrie de la section et renseignent généralement sur :

- L'ouvrage auquel elles s'appliquent : principalement chaussée, mais aussi dépendances, voies spécialisées,
- La conception détaillée : épaisseur, nature du matériau,
- Les critères de déclenchement,
- Les coûts unitaires,
- Les effets.

##### Principes

Le nombre d'opérations d'une norme d'entretien est illimité. Toutes les opérations susceptibles de se déclencher doivent être présentes dans la norme. Un système complet de priorités entre opérations permet de régler les conflits éventuels.

#### 3.4.1.3 Normes d'aménagement

##### Définition

Les normes d'aménagement regroupent les travaux modifiant la géométrie ou la catégorie de chaussée :

- Elargissement ou ajout de voie,

- Rectification,
- Reconstruction,
- Travaux spécifiques voies pour véhicules non motorisés.

### Principes

Une norme d'aménagement ne contient qu'une et une seule opération de travaux et peut s'étaler sur plusieurs années. De plus le déclenchement de l'aménagement sur une section de route, entraîne l'arrêt de l'entretien courant sur cette section.

#### **3.4.1.4 Option de section**

On appelle option de section, l'ensemble des normes d'entretien et d'aménagement qui sont affectées sur une section d'un réseau, année par année.

#### Caractéristiques d'une option de section :

- Au moins une norme d'entretien doit être affectée la première année,
- L'affectation d'une nouvelle norme remplace la précédente,
- Si plusieurs normes d'entretien sont affectées la même année, la dernière est seule prise en compte,
- Si la norme affectée n'est pas applicable, il ne se passe rien,
- L'affectation d'une norme d'aménagement peut provoquer trafic induit et avantages exogènes.

#### **3.4.1.5 Scénario**

C'est l'ensemble des options qui s'appliquent aux sections de l'étude.

#### **3.4.2 Normes d'entretien des routes revêtues au Sénégal**

Il est décrit dans le tableau ci-dessous les différentes opérations de travaux d'entretien appliqué au réseau revêtu national.

Tableau3-2 : Description des travaux prévus sur les routes bitumées

Code travaux HDM	Description synthétique	Description détaillée
EPMO	Monocouche	Entretien périodique avec application d'un enduit monocouche sur la chaussée
EPBI	Bicouche	Entretien périodique avec application d'un enduit bicouche sur la chaussée
PBB3	Enrobés 3 cm	Entretien périodique avec application d'un tapis d'enrobés bitumineux de 3 cm d'épaisseur
PBB4	Enrobés 4 cm	Entretien périodique avec application d'un tapis d'enrobés bitumineux de 4 cm d'épaisseur
PBB5	Enrobés 5 cm	Entretien périodique avec application d'un tapis d'enrobés bitumineux de 5 cm d'épaisseur
PBB7	Enrobés 7 cm	Entretien périodique avec application d'un tapis d'enrobés bitumineux de 7 cm d'épaisseur
RL10	RF-lat10cm+Bi	Renforcement de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 10 cm en latérite non traitée et enduit superficiel bicouche
RL15	RF-lat15cm+Bi	Renforcement de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 15 cm en latérite non traitée et enduit superficiel bicouche
RC15	RF-LC15cm+Bi	Renforcement de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 15 cm en latérite ciment et enduit superficiel bicouche
RC25	RF-LC25cm+BB5	Renforcement de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 25 cm en latérite ciment et enrobés bitumineux de 5 cm
RB25	RF-GB25cm+BB7	Renforcement de la chaussée par couche de base d'épaisseur moyenne 25 cm en grave bitume et enrobés bitumineux de 7 cm d'épaisseur
RCVU	RFVU-LC25cm+BB5	Renforcement de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 25 cm en grave bitume et enrobés bitumineux de 7 cm d'épaisseur
REH1	RH-lat10cm+Bi	Réhabilitation de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 10 cm en latérite non traitée et enduit superficiel bicouche
REH2	RH-lat15cm+Bi	Réhabilitation de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 15 cm en latérite non traitée et enduit superficiel bicouche
REH3	RH-LC15cm+Bi	Réhabilitation de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 15 cm en latérite non traitée et enduit superficiel bicouche
REH4	RH-LC25cm+BB5	Réhabilitation de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 25 cm en latérite ciment et enrobés bitumineux de 5 cm
REH5	RH-GB25cm+BB7	Réhabilitation de la chaussée par couche de base d'épaisseur moyenne 25 cm en grave bitume et enrobés bitumineux de 7 cm d'épaisseur
REH6	RHVU-LC25cm+BB5	Réhabilitation de la chaussée couche de base d'épaisseur moyenne 25 cm en grave bitume et enrobés bitumineux de 7 cm d'épaisseur

Source : AATR, mai 2006

Les travaux de renforcement comprennent un forfait de travaux d'entretien du système d'assainissement et de la signalisation.

Les travaux de réhabilitation prévoient en plus un forfait de travaux de terrassements localisés et de reconstruction d'ouvrages hydrauliques

Les normes d'entretien des routes revêtues sont celles retenues lors du PTG 2003 – 2005. Elles sont bâties en fonction des programmes de travail établis lors des inspections visuelles et des classes de trafics. Elles sont reproduites dans le tableau ci-après :

Tableau 3-3: Matrice des stratégies de travaux sur axes routiers revêtus, par classe de trafic

Classe de trafic	0/250	250/500	500/1000	1000/3000	> 3000	VU
Entretien courant	PAT + EC1	PAT + EC1	PAT + EC2	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC4
Entretien périodique 1	PAT + Mono	PAT + Mono	PAT + Mono	PAT + Bi	BB3	PAT + EC4
Entretien périodique 2	PAT + Mono	PAT + Mono	PAT + Bi	BB 3	BB 5	PAT + EC4
Entretien périodique 3	PAT + Mono	PAT + Bi	PAT + Bi	BB 5	BB 5	PAT + EC4
Réhabilitation V1/2	Epauf 3	Epauf 3	Epauf 3			
Réhabilitation V3/4	Epauf 3	Epauf 3	Epauf 3			
Renforcement	Reprof 5	Renfor 4	Renfor 3 Réhab 3	Renfor 2	Renfor 1	Renfor VU
Réhabilitation	Renfor 4	Réhab 4		Réhab 2	Réhab 1	Renfor VU

Source AATR

Avec :

- *PAT* : Point à temps, bouchage des nids de poule, variable selon importance et étendue
- *EC1 à EC4* : entretien courant variable selon la catégorie de trafic (EC1 trafic <500, EC2 trafic compris entre 500 et 1000, EC3 trafic > 1000, EC4 trafic en zone urbaine)
- *Mono et Bi* : enduits superficiels mono et bicouche
- *BB3 et BB5* : béton bitumineux d'épaisseur 3 ou 5 cm
- *Epauf3* : traitement des épaufrures de niveau 3
- *Renfor 1 à 5 & VU* : renforcement variable selon la catégorie du trafic
- *Réhab 1 à 5 & VU* : réhabilitation variable selon la catégorie du trafic

Pour l'étude HDM, les considérations suivantes ont été retenues pour les routes revêtues (les normes sont appliquées selon les valeurs de l'IRI):

- Entretien courant de chaussée quand  $IRI \leq 6$
- Entretien Périodique quand  $IRI > 6$
- Renforcement quand  $IRI \geq 10$
- Réhabilitation quand  $IRI \geq 13$

### 3.4.3 Description des Normes d'entretien du tableau précédent

#### *Norme « PAT+EC1 » (EC1)*

Elle regroupe les opérations manuelles suivantes :

##### Point à temps

Opération	Réparations, programmée ;
Nom	Point à temps ;
Code	PAT;
Critère d'intervention	Tous les ans

##### Drainage

Opération	Drainage, programmée ;
Nom	Drainage ;
Code	DRAIN ;
Critère d'intervention	Tous les ans

##### Entretien des dépendances

Opération	Travaux sur accotements, programmée ;
Nom	Accotement ;
Code	ACCOT;
Critère d'intervention	Tous les ans

#### *Norme « PAT+EC2 » (EC2)*

Elle regroupe les opérations manuelles de la norme EC1 (point à temps, drainage, bouchage nids de poule, entretien des dépendances) et les opérations de signalisation verticale.

##### Signalisation verticale

Opération	Divers, programmée ;
Nom	Signalisation verticale ;
Code	SignV;
Critère d'intervention	Tous les 4 ans

#### *Norme « PAT+EC3 » (EC3)*

Elle regroupe les opérations manuelles de la norme EC1 (drainage, bouchage nids de poule, entretien des dépendances) et les opérations de signalisation horizontale.

Signalisation horizontale

Opération	Divers, programmée ;
Nom	Signalisation horizontale ;
Code	SignH;
Critère d'intervention	Tous les 2 ans

**Norme « PAT+EC4 » (EC4)**

Elle regroupe les opérations de point à temps, de bouchage de nids de poule et d'entretien des équipements. Elle s'effectue tous les ans sur les voies urbaines.

Rebouchage des nids de poules

Opération	Réparations, programmée ;
Nom	Rebouchage NdP ;
Code	NdP;
Critère d'intervention	Tous les ans

Entretien des équipements

Opération	Divers, programmée ;
Nom	Entretien équipements ;
Code	Equip;
Critère d'intervention	Tous les ans

**Norme « PAT+ ES mono » (ES mono)**

Elle regroupe les opérations imprégnation, enduit monocouche point à temps, drainage, signalisation horizontale et verticale, entretien des dépendances.

Enduit monocouche

Opération	Enduit monocouche, déclenchée par l'état ;
Nom	ES mono ;
Code	EPMO;
Matériau de surface	Enduit monocouche ;

Epaisseur	25 mm
Coefficient d'équivalence	0.4 ;
Critère d'intervention	Si surface de dégradation totale > 30%

**Norme « PAT+ ES Bi » (ES Bi)**

Elle regroupe les opérations : enduit bicouche, imprégnation, point à temps, drainage, signalisation horizontale et verticale, entretien des dépendances.

Enduit bicouche

Opération	Enduit bicouche, déclenchée par l'état ;
Nom	ES bicouche ;
Code	EPBI;
Matériau de surface	Enduit bicouche ;
Epaisseur	40 mm
Coefficient d'équivalence	0.4 ;
Critère d'intervention	Si surface de dégradation totale > 50%

**Norme « PAT+Rech.BB 3 » (PBB3)**

Elle regroupe les opérations : rechargement, imprégnation, point à temps, drainage, entretien des dépendances, signalisation horizontale et verticale.

Rechargement

Opération	Rechargement en béton bitumineux, déclenchée par l'état ;
Nom	Rech. 3BB ;
Code	PBB3;
Matériau de surface	Béton bitumineux ;
Epaisseur	30 mm
Coefficient d'équivalence	0.4 ;
Critère d'intervention	Uni = 7 IRI

**Norme « PAT+Rech.BB 4 » (PBB4)**

Elle regroupe les opérations : rechargement, imprégnation, point à temps, drainage, entretien des dépendances, signalisation horizontale et verticale.

Rechargement

Opération	Rechargement en béton bitumineux, déclenchée par l'état ;
Nom	Rech. 4BB ;
Code	PBB4;
Matériau de surface	Béton bitumineux ;
Epaisseur	40 mm
Coefficient d'équivalence	0.4 ;
Critère d'intervention	Uni = 8 IRI

**Norme « PAT+Rech.BB 5 » (PBB5)**

Elle regroupe les opérations : rechargement, imprégnation, point à temps, drainage, entretien des dépendances, signalisation horizontale et verticale.

Rechargement

Opération	Rechargement en béton bitumineux, déclenchée par l'état ;
Nom	Rech. 5BB ;
Code	PBB5;
Matériau de surface	Béton bitumineux ;
Epaisseur	50 mm
Coefficient d'équivalence	0.4 ;
Critère d'intervention	Uni = 9 IRI

**Norme « PAT+Rech.BB 7 » (PBB7)**

Elle regroupe les opérations : rechargement, imprégnation, point à temps, drainage, entretien des dépendances, signalisation horizontale et verticale.

Opération	Rechargement en béton bitumineux, déclenchée par l'état ;
Nom	Rech. 7BB ;
Code	PBB7;
Matériau de surface	Béton bitumineux ;
Epaisseur	70 mm
Coefficient d'équivalence	0.4 ;

Critère d'intervention Uni = 10 IRI

**Norme « PAT+EC1+Renf 5 » (RL10)**

Elle regroupe les opérations : Scarification, reconstitution de la couche de base en latérite, rechargement accotement, imprégnation + enduit bicouche, point à temps, entretien courant EC1, drainage, réfection des ouvrages, signalisation horizontale et verticale.

**Norme « PAT+EC1+Renf 4 » (RL15)**

Elle est semblable à la norme précédente (« PAT+EC1+Renf 5 »), à la seule différence que la couche de base est faite de latérite de 15 cm d'épaisseur.

**Norme « PAT+EC2+Renf 3 » (RC15)**

Elle regroupe les opérations : purges, scarification, reconstitution de la couche de base en latérite ciment, rechargement accotement, enduit monocouche sur accotement, imprégnation + enduit bicouche, point à temps, entretien courant EC2, drainage, réfection des ouvrages, signalisation horizontale et verticale.

**Norme « PAT+EC3+Renf 2 » (RC25)**

Elle regroupe les opérations : rechargement de 5cm de béton bitumineux, purges, reconstitution de la couche de base en latérite ciment, rechargement accotement 2x2m, imprégnation, point à temps, entretien courant EC3, drainage, réfection des ouvrages, signalisation horizontale et verticale.

**Norme « PAT+EC3+Renf 1 » (RB25)**

Elle est identique à la norme précédente (« PAT+EC3+Renf 2 ») exceptée que la couche de base est constituée de 25cm grave bitume et la couche de roulement est constituée de 7 cm de béton bitumineux.

**Norme « PAT+EC3+ Réhab 1 » (REH5)**

Elle regroupe les opérations : renforcement 1(ou norme « PAT+EC3+Renf 1 »), terrassement reconstruction ouvrages et divers travaux de réparation

**Norme « PAT+EC3+ Réhab 2 » (REH4)**

Elle regroupe les opérations : renforcement 2(ou norme « PAT+EC3+Renf 2 »), terrassement reconstruction ouvrages et divers travaux de réparation.

**Norme « PAT+EC2+ Réhab 3 » (REH3)**

Elle regroupe les opérations : renforcement 3(ou norme « PAT+EC2+Renf 3 »), terrassement reconstruction ouvrages et divers travaux de réparation.

**Norme « PAT+EC1+ Réhab 4 »(REH2)**

Elle regroupe les opérations : renforcement 4(ou norme « PAT+EC1+Renf 4 »), terrassement reconstruction ouvrages et divers travaux de réparation.

**Norme « PAT+EC1+Réhab 5 »(REH1)**

Elle regroupe les opérations : renforcement 5(ou norme « PAT+EC1+Renf 5 »), terrassement reconstruction ouvrages et divers travaux de réparation.

*Tableau3-4 : Opérations de travaux et codes HDM*

Opération	Nom	Code
Rebouchage de nids de poules	Rebouchage NdP	NdP
Point à temps	Point à temps	PAT
Drainage	Drainage	DRAIN
Entretien des dépendances	Accotement	ACCOT
Enduit monocouche pour trafic < 1000, déclenché quand IRI > 6	ES mono	EPMO
Enduit bicouche pour trafic < 3000, déclenché quand IRI > 6	ES bicouche	EPBI
Rechargement de 3 cm de BB pour trafic < 3000, déclenché quand IRI > 6	Rech. 3BB	PBB3
Rechargement de 4 cm de BB pour trafic < 3000, déclenché quand IRI > 6	Rech. 4BB	PBB4
Rechargement de 5 cm de BB pour trafic > 3000, déclenché quand IRI > 6	Rech. 5BB	PBB5
Rechargement de 7 cm de BB pour trafic > 3000, déclenché quand IRI > 6	Rech. 7BB	PBB7
Renforcement 1 pour trafic > 3000, déclenché quand IRI ≥ 10	Renf.GB25cm+B7	RB25
Renforcement 2 pour trafic 1000/3000, déclenché quand IRI ≥ 10	Renf.LC25cm+B5	RC25
Renforcement 3 pour trafic 500/1000, déclenché quand IRI ≥ 10	Renf.LC15cm+Bi	RC15
Renforcement 4 pour trafic 250/500, déclenché quand IRI ≥ 10	Renf.lat15cm+Bi	RL15
Renforcement 5 pour trafic 0/250, déclenché quand IRI ≥ 10	Renf.lat10cm+Bi	RL10
Réhabilitation 1 pour trafic > 3000, déclenché quand IRI ≥ 13	Réhab.GB25cm+BB7	REH5
Réhabilitation 2 pour trafic 1000/ 3000, déclenché quand IRI ≥ 13	Réhab.LC25cm+5cm BB	REH4
Réhabilitation 3 pour trafic 500/1000, déclenché quand IRI ≥ 13	Réhab.LC15cm+Bi	REH3
Réhabilitation 4 pour trafic 250/ 500, déclenché quand IRI ≥ 13	Réhab.lat15cm+Bi	REH2
Réhabilitation 5 pour trafic 0/250, déclenché quand IRI ≥ 13	Réhab.lat10cm+Bi	REH1

Tableau3-5 : Normes d'entretien et codes HDM

Norme	Nom	Code
Entretien courant	PAT+EC1	EC1
	PAT+EC2	EC2
	PAT+EC3	EC3
	PAT+EC4	EC4
Entretien périodique 1	PAT+ ES mono	ES mono
	PAT+ ES Bi	ES Bi
	PAT+EC4	EC4
	PAT+Rech.BB 3	PBB3
Entretien périodique 2	PAT+ ES mono	ES mono
	PAT+ ES Bi	ES Bi
	PAT+EC4	EC4
	PAT+Rech.BB 3	PBB3
	PAT+Rech.BB 5	PBB5
Entretien périodique 3	PAT+ ES mono	ES mono
	PAT+ ES Bi	ES Bi
	PAT+EC4	EC4
	PAT+Rech BB 5	PBB5
Renforcement	PAT+EC1+Renf 5	RL10
	PAT+EC1+Renf 4	RL15
	PAT+EC2+Renf 3	RC15
	PAT+EC3+Renf 2	RC25
	PAT+EC3+Renf 1	RB25
Réhabilitation	PAT+EC1+Réhab 5	REH1
	PAT+EC1+Réhab 4	REH2
	PAT+EC2+Réhab 3	REH3
	PAT+EC3+Réhab 2	REH4
	PAT+EC3+Réhab 1	REH5

#### 3.4.4 Coûts unitaires de travaux des routes revêtues

Les coûts unitaires (au km) de travaux d'entretien considérés au tableau 3-6, sont ceux fournis par l'AATR. Ils sont déterminés hors TVA (Taxe sur la Valeur Ajoutée) en fonction des différentes tâches et de la largeur des routes. Les détails sur l'estimation de ces couts unitaires sont regroupés à l'annexe.

Tableau 3-6 : Coûts Unitaires d'Entretien des Routes Revêtues

Tâche principales	Code HDM	Classe de trafic	Coût	Coût
			F.CFA/km Largeur 6 m	F.CFA/km Largeur 7 m
Monocouche	EPMO		22 900 000	26 125 000
Bicouche	EPBI	< 3000	33 100 000	38 025 000
Enrobés 3 cm	PBB3	< 3000	48 550 000	56 050 000
Enrobés 4 cm	PBB4	< 3000	62 125 000	70 225 000
Enrobés 5 cm	PBB5	> 3000	72 850 000	84 400 000
Enrobés 7 cm	PBB7	> 3000	98 575 000	112 750 000
Renforcement 1	RB25	> 3000	206570000	237 620 000
Renforcement 2				
	RC25	1000/3000	115220000	131 045 000
Renforcement 3	RC15	500/1000	69 470 000	77 670 000
Renforcement 4	RL15	250/500	49 950 000	56 450 000
Reprofilage 5	RL10	0/250	46 200 000	52 000 000
Réhabilitation 1	REH5	> 3000		270 182 000
Réhabilitation 2				
	REH4	1000/3000		152 949 500
Réhabilitation 3	REH3	500/1000	81 917 000	91 487 000
Réhabilitation 4	REH2	< 500	59 895 000	67 045 000
Réhabilitation 5	REH1		600 000 000	600 000 000
Epaufrement 3	N3 Epauf 3		14 100 000	14 100 000
EC1			650 000	650 000
EC2			900 000	900 000
EC3			1 250 000	1 250 000
EC4			600 000	600 000

Source : AATR, septembre 2007

Les prix indiqués ci-dessus pour l'entretien courant couvrent les tâches ci-après :

Tableau 3-7: Tâches de l'Entretien Courant

Types d'Entretien	Tâches
EC1	Cantonnage, désherbage, curage fossés et buses, petites réparations des OA, surveillance du réseau, etc.
EC2	Idem + signalisation verticale, peinture / 4 ans
EC3	Idem + surveillance accrue, signalisation horizontale / 2 ans
EC4 (VU)	bouchage nids de poule et entretien équipements

Source : AATR, mai 2006

Les coûts de points à temps sont déterminés en fonction de l'importance des nids de poule.

Tableau3-8 : Coûts des points à temps selon l'ampleur des dégradations

	Niveau nids de poule				
	U	PU	1 0.5% surface	2 2.5% surface	3 5%
PAT (enrobés à froid ou Concassés + bicouche)	m <sup>2</sup>	15 000	Coût au km		
			450 000	2 250 000	4 500 000

Source : AATR, septembre 2007

### 3.4.5 Normes d'entretien des routes non revêtues

Dans notre étude, les normes d'entretien des différents types de routes non revêtues porteront sur les travaux suivants :

- reprise de la plate-forme et rechargement général tous les 5 ans,
- rechargement général si épaisseur de la surface de roulement < 5cm, pour un intervalle de temps minimum de 1 an.
- rechargement partiel si épaisseur de la surface de roulement comprise entre 5cm et 7cm, pour un intervalle de temps minimum de 1 an.
- reprofilage léger et entretien courant, 2 fois par an.
- reprofilage compactage et entretien courant tous les 2 ans.

Ces différentes interventions sur les routes en terre sont issues des recommandations de l'inspection sommaire de 2007 et sont résumées dans le tableau ci-après :

Tableau3-9 : Matrice des stratégies de travaux sur axes routiers non revêtus

I	Plateforme et rechargement
II	Rechargement général
III	Rechargement partiel
IV	Reprofilage léger et entretien courant
V	Reprofilage compactage et entretien courant
VI	Entretien courant

Source : AATR

### 3.4.6 Coûts unitaires de travaux des routes non revêtues

Les coûts relatifs aux travaux sur les routes non revêtues sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau3-10: Cout au km en FCFA HTVA d'axes routiers non revêtus

I	Plateforme et rechargement	km	12 825 000
II	Rechargement général	km	9 825 000
III	Rechargement partiel	km	3 518 700
IV	Reprofilage léger et entretien courant	km	910 800
V	Reprofilage compactage et entretien courant	km	1 432 800
VI	Entretien courant	km	490 800

Source : AATR, mai 2006

### 3.5 CONCLUSION

L'objectif de l'entretien routier est donc la recherche de la plus grande homogénéité possible sur les tronçons de route prédéfinis et le meilleur uni pendant le temps le plus long et au moindre coût. L'effort consenti pour assurer à une chaussée un niveau déterminé de service constitue une excellente façon d'évaluer la qualité de sa conception et de sa construction. L'entretien peut donc fournir des informations essentielles pour la planification, la conception et la construction des équipements routiers. D'où l'importance pour les agences responsables de la gestion de l'entretien, d'adopter une approche systématique, permettant de connaître les coûts de l'entretien et d'évaluer les méthodes de travail.

*CHAPITRE 4 : ETUDES DE CAS*

Tout au long des trois chapitres précédents, nous avons collectés des informations générales pour l'ensemble du réseau national et il ne nous reste plus qu'à passer aux simulations sur HDM-4.

A défaut d'avoir des informations précises sur l'état de l'ensemble du réseau routier et aussi pour des contraintes de temps, nous allons nous limiter dans notre étude aux réseaux classés de Diourbel et Thiès.

#### **4.1 REGION DE DIOURBEL**

##### **4.1.1 Présentation sommaire de la région de Diourbel**

La Région de Diourbel avec une superficie de 4 903 km<sup>2</sup> (soit 2,5 % de la superficie nationale) est située entre 14°30 et 15° de latitude Nord et 15°40 et 16°40 de longitude Ouest. Elle est limitée au Nord par les régions de Thiès et de Louga, au Sud par les régions de Thiès et de Fatick, à l'Est par les régions de Fatick et de Louga et à l'Ouest par la région de Thiès. Elle ne possède aucun accès à la mer et a une population, en majorité rurale, estimée à : 1 183 095 hab (soit 11% de la population nationale), répartie suivant une densité de 241 hab/km<sup>2</sup>. Cette densité est la plus élevée, derrière Dakar. Le taux de croissance de la population est estimé à **3,8 %**.

Le relief de la région de Diourbel est monotone et plat avec des altitudes qui dépassent rarement 50 m.

La région de Diourbel appartient au climat est de type Soudano-sahélien. Les précipitations varient dans cette région entre 400 et 500 mm de pluies et s'étalent généralement sur 3 mois. Quant aux températures, elles varient entre 20.3 °C et 36.2 °C, avec une moyenne de 29.5 °C.

La végétation de la région de Diourbel est caractérisée par une steppe arborée.

Les principales productions agricoles de la région sont : le mil et l'arachide.

Sur le plan administratif, la région est découpée en 3 départements : le département de Diourbel, le département de Bambey et le département de Mbacké, qui regroupent en leur sein 7 arrondissements et 32 communautés rurales.

La ville de Diourbel est le chef-lieu de la région et du département du même nom.

En termes d'infrastructures de communication, la région de Diourbel est directement reliée à la capitale nationale Dakar par la Route Nationale N3, dont le revêtement goudronné est globalement en bon état, et par la voie ferrée Dakar-Kidira.

#### 4.1.2 Présentation du réseau routier de la région de Diourbel

La région de Diourbel est dotée d'un réseau routier dont le linéaire total est estimé à 648.5 km répartie en réseau classé (541.7 km) et en réseau non classé (106.8 km). Les routes du réseau sont caractérisées par deux catégories de surfaces : les routes non revêtues (325.7 km) et les routes revêtues (322.8 km dont 106.8 km appartiennent au réseau non classé). Le réseau classé est réparti par catégories de routes comme suit :

*Tableau 4-1: Répartition des routes par catégorie et par surface dans la région de Diourbel*

Catégories de routes	Routes non revêtues (km)	Routes revêtues (km)	Total
Routes nationales (N)	-	118.7	118.7
Routes régionales (R)	44.6	39.1	83.7
Routes départementales (D)	148.8	8	156.8
Pistes (P)	132.3	26	158.3
Voiries Urbaines (VU)	-	24.2	24.2
<b>Total</b>	<b>325.7</b>	<b>216</b>	<b>541.7</b>

Tableau 4-2: Répartition des routes par état et par surface dans la région de Diourbel

Etat	Routes non revêtues (km)	Routes revêtues (km)	Total
BON	149.5	161	310.5
MOYEN	51.9	25.3	77.2
MAUVAIS	124.3	22.4	146.7
TRES MAUVAIS	-	7.3	7.3
<b>Total</b>	<b>325.7</b>	<b>215.9</b>	<b>541.7</b>

En récapitulatif, le linéaire du réseau classé dégradé dans la région de Diourbel s'élève à 38.2 % pour les routes non revêtues et de 14 % pour les routes revêtues.

#### 4.1.3 Définition du réseau à analyser dans la région de Diourbel

Le réseau à analyser a été constitué sur la base des informations disponibles et ne prend en compte que les tronçons sur lesquels nous disposons du maximum d'informations nécessaires à notre étude. Il est long de 343.3 km (soit 63.4 % du réseau classé de la région) et se répartit comme suit :

Routes non revêtues : 196.07 km soit 60.2% de l'ensemble des routes en terre de la région et 57.1 % du réseau à analyser.

Routes revêtues : 147.23 km soit 68.2 % de l'ensemble des routes revêtues de la région et 42.9 % du réseau à analyser.

Voir dans les tableaux ci-dessous, les détails concernant les routes du réseau à analyser ainsi que les matrices de réseau qui en découlent.

Tableau4-3: code et dénomination officielle des routes non revêtues à analyser

Code de la route	Dénomination du tronçon
221D0305	Diourbel - Ndindy
221D0306	Bambey - Gouane - Gad
221D0307	Bambey-Lambaye-Keur Samba Kane
221D0602	Fatick-Diakhao-Diourbel
221D0704	Thilmakha-Baba Garage-Keur Samba Kane-Touba Toul-Khombole-Ndiaganio)
221D0705	Mbour-Joal-Ndianda-Ngénéniè-Thiadiaye-Fissel-Ndangalma
221P0302C	Carrefour N. 3-Tiobé
221R0032	Bambey-Baba Garage-Méckhé

Tableau4-4: Caractéristiques des routes non revêtues à analyser

Code de la route	Classe de la route	Catégorie de la route	Longueur concernée(km)	TMJA	Nature de la surface
221D0305	Secondaire ou Principal	D	26,79	151	LAT
221D0306	Secondaire ou Principal	D	19,29	150	LAT
221D0307	Secondaire ou Principal	D	14,16	150	LAT
221D0602	Secondaire ou Principal	D	21,877	251	LAT
221D0704	Secondaire ou Principal	D	29,159	200	LAT
221D0705	Secondaire ou Principal	D	22,08	200	LAT
221P0302C	Tertiaire ou Local	P	27,595	94	LAT
221R0032	Secondaire ou Principal	R	35,12	1793	LAT

Tableau4-5: Matrice des sections homogènes de routes non revêtues à analyser

Section	1	2	3	4	5
Trafic	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible
Adéquation Structurelle	Bonne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Mauvaise
Type de chaussée	LAT	LAT	LAT	LAT	LAT
Longueur totale	13,81	21,31	62,85	86,11	11,995
Largeur chaussée	10	10	9	9	9
Largeur accotement	1	1	1	1	1
Etat visuel	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Mauvais
Date des derniers travaux	2007	2007	2007	2007	2007

Tableau4-6: code et dénomination officielle des routes revêtues à analyser

Code de la route	Dénomination du tronçon
221D0305	Diourbel - Ndindy
221N0003	Frontière Région de Thiès-Diourbel
221P0303	Touba (R30)-Limite R. Louga
221R0060	Mbacké-Tip-Colobane-Mbar-Diakhao-Kaffrine

Tableau4-7: Caractéristiques des routes revêtues à analyser

Code de la route	Classe de la route	Catégorie de la route	Longueur concernée(km)	TMJA	Nature de la surface
221D0305	Secondaire ou Principal	D	0,95	151	BC
221N0003	Primaire ou structurant	N	108,1	3274	BB
221P0303	Secondaire ou Principal	P	17,27	268	BC
221R0060	Secondaire ou Principal	R	20,91	708	BC

Tableau4-8: Matrice des sections homogènes de routes revêtues à analyser

Section	6	7	8	9	10
Trafic	Fort	Fort	Fort	Faible	Faible
Adéquation Structurelle	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Bonne	Moyenne
Type de chaussée	BB	BB	BB	BC	BC
Longueur totale	50,5	13	44,6	33,82	5,31
Largeur chaussée	7	7	7	7	7
Largeur accotement	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Etat visuel	Bon	Bon	Moyen	Moyen	Moyen
Date des derniers travaux	2007	2007	2007	2007	2007

#### 4.1.4 Composition du trafic

La composition du trafic a été établie grâce aux informations tirées du rapport définitif de la campagne de comptage effectué, en 2007 sur le réseau routier national, par le bureau d'étude Polyconsult ingénierie pour le compte de l'Agence Autonome des Travaux Routiers (AATR). La croissance est estimée à 3% pour le trafic motorisé et 1% pour le trafic non motorisé.

Tableau4-9: Composition du trafic par type de véhicules dans la région de Diourbel

Véhicules types	Niveau de trafic		
	Fort	Moyen	Faible
Véhicules motorisés			
VP	51,6	56,7	67,0
Car-rapides	6,1	7,5	5,6
Camionnettes	6,1	6,1	4,3
Mini-fourgonnettes	6,3	8,7	5,5
Camion 2 essieux châssis court	5,5	5,3	2,8
Ndiaga-Ndiaye	3,7	1,9	1,0
Camion 2 essieux châssis long	3,6	1,7	0,9
Bus + 2 essieux	7,4	7,8	5,5
Bus DDD	2,0	1,0	2,3
Ensemble articulé	0,9	0,0	0,0
Deux roues motorisées	6,8	3,3	5,1
Total	100,0	100,0	100,0
Moyens intermédiaires de transport			
Vélos	62,2	12,4	0,4
Hippomobiles	33,7	78,0	99,6
Autres	4,1	9,6	0,0
Total	100,0	100,0	100,0

#### 4.1.5 Différentes options de simulation

Pour n'importe quel type de routes, l'option de référence par rapport à laquelle nous allons comparer les autres options est l'option de base.

Pour les routes non revêtues, l'option de base correspond à la norme entretien courant minimum. Quant aux routes revêtues, l'option de base est fonction du trafic correspondant à cette section.

L'affectation des différentes options pour chaque type de sections est résumée dans les tableaux suivants. Ces normes d'entretien sont applicables à partir de 2009.

Tableau4-10: Affectation des options pour les sections du réseau non revêtu de Diourbel

Section	1-Trafic Moyen Structure Bonne	2-Trafic Moyen Structure moyenne	3-Trafic Faible Structure Bonne	4-Trafic Moyen Structure Bonne moyenne	5-Trafic Moyen Structure Bonne Mauvaise
Option de base	Entretien courant mini	Entretien courant mini	Entretien courant mini	Entretien courant mini	Entretien courant mini
Entretien courant 1	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger
Entretien courant 2	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage
Entretien périodique 1	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel
Entretien périodique 2	PAT+recharg général	PAT+recharg général	PAT+recharg général	PAT+recharg général	PAT+recharg général
Entretien périodique 3	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg

Tableau4-11: Affectation des options pour les sections du réseau revêtu de Diourbel

Section	6-Trafic Fort Structure Bonne	7-Trafic Fort Structure moyenne	8-Trafic Fort Structure Mauvaise	9-Trafic Faible Structure Bonne	10-Trafic Faible Structure Structure moyenne
Option de base	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT+EC1	PAT + EC1
Entretien périodique 1	PAT+Rech.BB 3	PAT+Rech.BB 3	PAT+Rech.BB 3	PAT+ ES mono	PAT+ ES mono
Entretien périodique 2	PAT+Rech.BB 5	PAT+Rech.BB 5	PAT+Rech.BB 5		
Entretien périodique 3				PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi
Renforcement	PAT+EC3+Renf 1	PAT+EC3+Renf 1	PAT+EC3+Renf 1	PAT+EC2+Renf 3	PAT+EC2+Renf 3
Réhabilitation	PAT+EC3+ Réhab 1	PAT+EC3+ Réhab 1	PAT+EC3+ Réhab 1	PAT+EC2+ Réhab 3	PAT+EC2+ Réhab 3

#### 4.1.6 Résultats des simulations

##### 4.1.6.1 Hypothèses de simulation

Les hypothèses faites dans cette partie sont valables pour toutes les études de cas de ce PFE. Le début de l'analyse est fixé pour 2009 pour une durée de 20 ans. Le taux d'actualisation est de 12 %. Pour l'optimisation, nous avons opté de maximiser le bénéfice actualisé (BA). Pour cette étude nous avons supposé que les contraintes budgétaires ne portent que sur la période des dix premières années. Donc à partir de l'année 2018 jusqu'à la fin de la période d'analyse, le budget n'est pas contraint. Les hypothèses de simulation portent sur trois scénarii budgétaires : haut, moyen et bas. Le scénario haut a été défini en calculant le total des travaux des dix premières années (c'est-à-dire le coût cumulé en investissement à la fin de 2018, année 10) dans le cas sans contrainte et en divisant en dix parties égales pour les dix ans. C'est une situation sans contrainte équilibrée. Le scénario moyen correspond à 75 % du scénario haut, et le scénario bas à 50 %. Les rapports de simulations faisant plusieurs centaines de pages, nous allons nous contenter de mettre quelques rapports représentatifs en annexe. Pour l'intégralité des rapports se reporter au cd support.

##### 4.1.6.2 Cas des routes non revêtues

➤ Synthèses économiques

*Tableau4-12 : Synthèse des coûts économiques (non actualisés) en million par option et par section*

	Entretien courant1	Entretien courant2	Entretien périodique1	Entretien périodique2	Entretien périodique3	Option de base
Section1	150 097,69	152 029,85	152 708,98	145 788,98	151 515,77	152 708,98
Section2	231 613,43	234 594,91	235 642,87	224 964,72	233 801,65	235 642,87
Section3	41 513,96	45 440,71	46 275,33	46 014,31	47 093,12	47 503,92
Section4	57 467,32	63 106,63	66 046,12	62 274,74	65 417,87	66 046,12
Section5	9 892,36	10 099,32	10 273,19	10 459,34	10 741,94	10 273,19

*Tableau4-13: Solution optimale par section (sans contrainte)*

	Longueur km	Option optimale	Uni moyen IRI en 2028	Etat de la surface de roulement en 2028	cout sur 20 ans (non actualisé en million de FCFA)
Section1	13,81	Entretien périodique 2	17.4	Surface rugueuse	145 788,98
Section2	21,31	Entretien périodique 2	17.4	Surface rugueuse	224 964,72
Section3	62,85	Entretien courant 1	14.1	Surface moyennement lisse	41 513,96
Section4	86,11	Entretien courant 1	14.3	Surface moyennement lisse	57 467,32
Section5	11,995	Entretien courant 1	14.7	Surface moyennement lisse	9 892,36

Notons que la solution optimale dépend du critère de choix de l'indicateur économique.

Lorsque le budget est contraint, l'option optimale des travaux d'entretien sur toutes les sections de routes non revêtues, citées ci-dessus correspond à l'entretien courant 1 et ceci pour tous les trois scénarii budgétaires définis ci-dessous :

- Scénario haut : 6718,2 million de FCFA
  - Scénario moyen : 5038,65 million de FCFA
  - Scénario bas : 3359,1 million de FCFA
- Les synthèses sur l'état des routes, les programmes de travaux sans contraintes...sont renseignées en annexe B.

#### 4.1.6.3 Cas des routes revêtues

- Synthèses économiques

Tableau4-14 : Synthèse des coûts économiques (non actualisés) en million par option et par section

	Entretien periodique1	Entretien periodique2	Entretien periodique3	Option de base	Réhabilitation	Renforcement
Section10	8 623,35	0,00	8 820,82	8 481,93	8 638,79	8 771,68
Section6	401 325,68	403 699,67	0,00	409 641,77	402 437,17	404 507,67
Section7	108 233,03	108 106,79	0,00	138 425,16	122 528,91	113 533,00
Section8	401 383,78	411 265,69	0,00	531 026,71	460 252,04	424 516,15
Section9	13 149,80	0,00	12 322,29	11 659,41	10 501,08	11 887,70

Tableau4-15:Solution optimale par section (sans contrainte)

	Longueur km	Option optimale	Uni moyen IRI en 2028	Etat de la surface de roulement en 2028	cout sur 20 ans (non actualisé en million de FCFA)
Section10	5,31	Option de base	6.0	Surface moyennement lisse	8 481,93
Section6	50.5	Réhabilitation	3.3	Surface lisse	402 437,17
Section7	13	Entretien périodique 1	4.7	Surface raisonnablement lisse	108 233,03
Section8	44.6	Entretien périodique 1	5.2	Surface raisonnablement lisse	401 383,78
Section9	33.82	Réhabilitation	4.1	Surface raisonnablement lisse	10 501,08

Lorsque le budget est contraint, les options optimales des travaux sur toutes les sections de routes revêtues, citées ci-dessus sont renseignées dans l'annexe C (options de section optimales -avec contrainte) ceci pour tous les trois scénarii budgétaires définis ci-dessous:

- Scénario haut : 447,6 million de FCFA
  - Scénario moyen : 335,7 million de FCFA
  - Scénario bas : 223,8 million de FCFA
- Les synthèses sur l'état des routes, les programmes de travaux sans contraintes... sont renseignées en annexe C.

## 4.2 REGION DE THIES

### 4.2.1 Présentation sommaire de la région de Thiès

La région de Thiès est située dans l'ouest du pays, en couronne autour de la presqu'île du Cap-Vert. Elle a une superficie de 6 670 km<sup>2</sup> (3,4 % de la superficie nationale) et est située entre 14°00' et 15°30' de latitude Nord et 15° et 16° de longitude Ouest. Elle est limitée au Nord par la région de Louga, au Sud par l'océan Atlantique et la région de Fatick, à l'Ouest par la région de Dakar et l'océan Atlantique et à l'Est par les régions de Diourbel et Fatick. Elle possède donc deux façades maritimes dont l'une au nord avec la Grande-Côte abritant la zone maraîchère des Niayes, l'autre au sud avec la Petite-Côte, l'une des zones les plus touristiques du Sénégal.

Avec une population estimée à 1 385 058 hab (soit 13 % de la population nationale) en fin 2007, répartie selon une densité moyenne de 208 hab/km<sup>2</sup>, la région de Thiès est la deuxième région la plus peuplée du pays après celle de Dakar. Le taux de croissance de la population est estimé à 2,3 %.

Le relief de la région de Thiès est relativement plat excepté le plateau de Thiès (105 mètres), le massif de Ndiass (90 mètres), la " Cuesta " (65 km<sup>2</sup> de large et 128 mètres d'altitude).

La région de Thiès appartient au climat est de type Soudano-sahélien. Les précipitations varient dans cette région entre 300 et 500 mm de pluies et s'étalent généralement sur 3 mois. Quant aux températures, elles varient entre 21 °C et 36 °C, avec une moyenne de 28.5 °C.

La végétation de la région de Thiès est caractérisée par la présence des Niayes, le long du littoral et par des steppes arbustives.

Sur le plan économique, les localités côtières vivent de la pêche, des cultures vivrières et du tourisme balnéaire. L'intérieur de la région quant à elle excelle dans la production arachidière. L'extraction minière concerne surtout les phosphates.

Sur le plan administratif, la région est découpée en 3 départements : le département de M'bour, le département de Thiès et le département de Tivaouane ,qui regroupent en leur sein 10 arrondissements et 31 communautés rurales.

La ville de Thiès est le chef-lieu de la région et du département du même nom.

Principale voie de passage entre la péninsule et le reste du pays, la région de Thiès a bénéficié d'un axe de communication d'abord lié au rail, puis aux nouvelles infrastructures routières.

**4.2 .2 Présentation du réseau routier de la région de Thiès**

Le réseau routier la région de Thiès à un linéaire total estimé à 921.5 km répartie en réseau classé (903.5 km) et en réseau non classé (18 km).Les routes du réseau sont caractérisées par deux catégories de surfaces : les routes non revêtues (330.4 km) et les routes revêtues (591.1 km dont 18 km appartiennent au réseau non classé).Le réseau classé est réparti par catégories de routes comme suit :

*Tableau 4-16: Répartition des routes par catégorie et par surface dans la région de Thiès*

Catégories de routes	Routes non revêtues (km)	Routes revêtues (km)	Total
Routes nationales (N)	-	180.3	180.3
Routes régionales (R)	-	70.8	70.8
Routes départementales (D)	242.2	297.2	539.4
Pistes (P)	88.2	5.7	93.9
Voiries Urbaines (VU)	-	19.1	19.1
<b>Total</b>	<b>330.4</b>	<b>573.1</b>	<b>903.5</b>

Tableau 4-17: Répartition des routes par état et par surface dans la région de Thiès

Etat	Routes non revêtues (km)	Routes revêtues (km)	Total
BON	51.6	421.7	473.3
MOYEN	40.8	94.8	135.6
MAUVAIS	238	14.4	252.4
TRES MAUVAIS	-	42.2	42.2
<b>Total</b>	<b>330.4</b>	<b>573.1</b>	<b>541.7</b>

En récapitulatif, le linéaire du réseau classé dégradé dans la région de Thiès s'élève à 72 % pour les routes non revêtues et de 10 % pour les routes revêtues.

#### 4.2.3 Définition du réseau à analyser dans la région de Thiès

Le réseau à analyser a été constitué selon le même principe que celui de la région de Diourbel. Il est long de 477.65 km (soit 52.9 % du réseau classé de la région) et se répartit comme suit :

Routes non revêtues : 104.77 km soit 31.7 % de l'ensemble des routes en terre de la région et 21.9 % du réseau à analyser.

Routes revêtues : 372.88 km soit 65.1 % de l'ensemble des routes revêtues de la région et 78.1 % du réseau à analyser.

Voir dans les tableaux ci-dessous, les détails concernant les routes du réseau à analyser ainsi que les matrices de réseau qui en découlent.

Tableau4-18: code et dénomination officielle des routes non revêtues à analyser

Code de la route	Dénomination du tronçon
221D0701	Noto-Mont Rolland-Thiès-Kissane-Sindia-Popenguine
221D0703	Fass Boye-Darou Fall-Sine-Mékhé-Pékessé-Thilmakha-Lim. R. Diourbel
221D0705	Mbour-Joal-Ndianda-Ngénienne-Thiadiaye-Fissel-Ndangalma
221D0706	Thiès-Notto-Tassette-Tène Toubab-Mbour
221D0706B	Nguékokh-Tène Toubab-Tassette
221D0710	Thiès-Fandène-Touba Toul
221P0601	Joal-Keur Samba Dia-Ndangane
221P0700	Niaganiao-Tassette
221P0701	Carrefour N. 1-Ndiayenne Sirakh

Tableau4-19: Caractéristiques des routes non revêtues à analyser

Code de la route	Classe de la route	Catégorie de la route	Longueur concernée(km)	TMJA	Nature de la surface
221D0701	Secondaire ou Principal	D	21,46	1862	LAT
221D0703	Secondaire ou Principal	D	5,386	515	LAT
221D0705	Secondaire ou Principal	D	17,598	2471	LAT
221D0706	Secondaire ou Principal	D	14,026	574	LAT
221D0706B	Secondaire ou Principal	D	12,836	177	LAT
221D0710	Secondaire ou Principal	D	5,207	150	LAT
221P0601	Secondaire ou Principal	P	16,622	241	LAT
221P0700	Secondaire ou Principal	P	4,221	86	LAT
221P0701	Secondaire ou Principal	P	7,413	177	LAT

Tableau 4-20: Matrice des sections homogènes de routes non revêtues à analyser

Section	11	12	13	14	15	16
Trafic	Moyen	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible
Adéquation Structurelle	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Mauvaise
Type de chaussée	LAT	LAT	LAT	LAT	LAT	LAT
Longueur totale	11,283	12,604	15,171	19,775	20,446	25,49
Largeur chaussée	7,7	7,7	7,7	8	8	6,5
Largeur accotement	1	1	1	1	1	1
Etat visuel	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Mauvais
Date des derniers travaux	2007	2007	2007	2007	2007	2007

Tableau4-21: code et dénomination officielle des routes revêtues à analyser

Code de la route	Dénomination du tronçon
221D0700	Km 50 (CF N. 2)-Mbayack-Kayar
221D0701	Noto-Mt Rolland-Thiès-Kissane-Sindia-Popenguine
221D0702	Tivaouane-Mboro-Mboro sur mer
221D0702B	Carrefour D. 702 (PK 18+501)-Taïba
221D0702C	Carrefour D. 702 (PK 10+930)-Taïba Ndiaye
221D0703	Fass Boye-Darou Fall-Méckhé-Pékessé-Thilmakha
221D0704	Ndiaganiao-Sandiara(CFN1)
221D0705	Mbour-Joal-Ndianda-Nguéniène-Tiadiaye-Fissel-Dangalma
221D0705B	Joal-Passerelle Fadiouth
221D0707	Nguékokh-Ngarring-Ngaparou-Somone Ndamé
221D0707B	Ngaparou-Carrefour Saly
221N0003	Thiès-Diourbel-Touba-Dahra-Linguère
221R0070	Mbayack-Notto-Mboro
221R0070B	Mbaye Mbaye (CF D702)-D703-Darou Fall-R30
221VU701	Bretelle d'accès à l'école Polytechnique à partir de la N2
221VU704	Boulevard de la Mission catholique voie principale
221VU704G	Boulevard de la Mission catholique voie de gauche
221VU709	Rocade de Tivaouane(allant du Sud(CFN2) au Nord(CFN2))

Tableau4-22 : Matrice des sections homogènes de routes revêtues à analyser

Section	17	18	19	20	21	22	23
Trafic	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Adéquation Structurelle	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise
Type de chaussée	BB	BC	BCS	BB	BC	BCS	BB
Longueur totale	108,71	14,63	0,5	42,19	4	17,39	57,69
Largeur chaussée	6	6	6	6	6	6	6
Largeur accotement	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Etat visuel	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Date des derniers travaux	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007

Tableau4-23: Matrice des sections homogènes de routes revêtues à analyser

Section	24	25	26	27	28	29	30
Trafic	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Adéquation Structurelle	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise
Type de chaussée	BC	BB	BC	BB	BC	BB	BC
Longueur totale	29,5	14,31	14,98	3,5	12,81	5,54	47,13
Largeur chaussée	6	6	6	6	6	6	6
Largeur accotement	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Etat visuel	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Mauvais	Mauvais
Date des derniers travaux	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007

Tableau4-24: Caractéristiques des routes revêtues à analyser

Code de la route	Classe de la route	Catégorie de la route	Longueur concernée (km)	TMJA	Nature de la surface
221D0700	Secondaire ou Principal	D	18,9	1238	BB
221D0701	Secondaire ou Principal	D	58,88	1862	BB
221D0702	Secondaire ou Principal	D	29,6	1454	BB
221D0702B	Secondaire ou Principal	D	2,62	200	BC
221D0702C	Secondaire ou Principal	D	1,38	200	BC
221D0703	Secondaire ou Principal	D	32,81	515	BC
221D0704	Secondaire ou Principal	D	14,8	237	BC
221D0705	Secondaire ou Principal	D	63,21	2471	BB
221D0705B	Secondaire ou Principal	D	2,05	200	BB
221D0707	Secondaire ou Principal	D	17,89	1775	BCS
221D0707B	Secondaire ou Principal	D	15,04	200	BB
221N0003	Primaire ou structurant	N	38	2057	BB
221R0070	Secondaire ou Principal	R	48,13	1357	BC
221R0070B	Secondaire ou Principal	R	21,13	300	BC
221VU701	Secondaire ou Principal	VU	2,18	237	BC
221VU704	Secondaire ou Principal	VU	1,02	237	BB
221VU704G	Secondaire ou Principal	VU	0,78	237	BB
221VU709	Secondaire ou Principal	VU	4,46	240	BB

#### 4.2.4 Composition du trafic

La composition du trafic par type de véhicules est rapportée dans le tableau ci-dessous.

Tableau4-25: Composition du trafic par type de véhicules

Véhicules types	Niveau de trafic		
	Fort	Moyen	Faible
Véhicules motorisés			
VP	48,8	48,7	57,7
Car-rapides	0,0	2,6	2,1
Camionnettes	5,0	3,4	2,1
Mini-fourgonnettes	7,6	5,2	2,9
Camion 2 essieux châssis court	5,6	3,6	2,2
Ndiaga-Ndiaye	2,3	1,4	1,0
Camion 2 essieux châssis long	1,9	1,2	0,8
Bus + 2 essieux	10,6	5,9	4,8
Bus DDD	4,3	1,9	1,0
Ensemble articulé	5,4	2,1	1,0
Deux roues motorisées	8,6	24,0	24,4
Total	100,0	100,0	100,0
Moyens intermédiaires de transport			
Vélos	52,7	64,0	62,4
Hippomobiles	18,4	19,3	16,6
Autres	28,9	16,7	21,0
Total	100,0	100,0	100,0

#### 4.2.5 Différentes options de simulation

Les options de simulation utilisées sur le réseau routier classe de la région de Thiès répondent aux mêmes caractéristiques que celles mentionnées au paragraphe 4.1.5 pour le réseau de Diourbel. Ces options sont résumées dans les tableaux suivants :

Tableau4-26: Affectation des options pour les sections du réseau non revêtu de Thiès

Section	11-Trafic Moyen Structure Bonne	12-Trafic Moyen Structure moyenne	13-Trafic Moyen Structure Mauvaise	14-Trafic Faible Structure Bonne	15-Trafic Faible Structure moyenne	16-Trafic Faible Structure Mauvaise
Option de base	Entretien courant mini	Entretien courant mini	Entretien courant mini	Entretien courant mini	Entretien courant mini	Entretien courant mini
Entretien courant 1	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger	PAT+reprof léger
Entretien courant 2	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage	PAT+reprof compactage
Entretien périodique 1	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel	PAT+recharg partiel
Entretien périodique 2	PAT+recharg général	PAT+recharg général	PAT+recharg général	PAT+recharg général	PAT+recharg général	PAT+recharg général
Entretien périodique 3	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg	PAT+Plateforme Recharg

Tableau4-27a: Affectation des options pour les sections du réseau revêtu de Thiès

Section	17-Trafic Moyen Structure Bonne/(BB)	18-Trafic Moyen Structure Bonne/(BC)	19-Trafic Moyen Structure Bonne/(BCS)	20-Trafic Moyen Structure Moyenne/(BB)	21-Trafic Moyen Structure Moyenne/(BC)	22-Trafic Moyen Structure Moyenne/(BCS)	23-Trafic Moyen Structure Mauvaise/(BB)
Option de base	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC3
Entretien périodique 1	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi
Entretien périodique 2	PAT+Rech. BB 3	PAT+Rech. BB 3	PAT+Rech. BB 3	PAT+Rech. BB 3	PAT+Rech. BB 3	PAT+Rech. BB 3	PAT+Rech. BB 3
Entretien périodique 3	PAT+Rech. BB 5	PAT+Rech. BB 5	PAT+Rech. BB 5	PAT+Rech. BB 5	PAT+Rech. BB 5	PAT+Rech. BB 5	PAT+Rech. BB 5
Renforcement	PAT+EC3+ Renf 2	PAT+EC3+ Renf 2	PAT+EC3+ Renf 2	PAT+EC3+ Renf 2	PAT+EC3+ Renf 2	PAT+EC3+ Renf 2	PAT+EC3+ Renf 2
Réhabilitation	PAT+EC3+ Réhab 2	PAT+EC3+ Réhab 2	PAT+EC3+ Réhab 2	PAT+EC3+ Réhab 2	PAT+EC3+ Réhab 2	PAT+EC3+ Réhab 2	PAT+EC3+ Réhab 2

Tableau4-27b: Affectation des options pour les sections du réseau revêtu de Thiès

Section	24-Trafic Moyen Structure Mauvaise/(BC)	25-Trafic Faible Structure Bonne/(BB)	26-Trafic Faible Structure Bonne/(BC)	27-Trafic Faible Structure Moyenne/(BB)	28-Trafic Faible Structure Moyenne/(BC)	29-Trafic Faible Structure Mauvaise/(BB)	30-Trafic Faible Structure Mauvaise/(BC)
Option de base	PAT + EC3	PAT + EC1	PAT + EC1	PAT + EC1	PAT + EC1	PAT + EC1	PAT + EC1
Entretien périodique 1	PAT+ ES Bi	PAT+ ES mono	PAT+ ES mono	PAT+ ES mono	PAT+ ES mono	PAT+ ES mono	PAT+ ES mono
Entretien périodique 2	PAT+Rech. BB 3						
Entretien périodique 3	PAT+Rech. BB 5	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi	PAT+ ES Bi
Renforcement	PAT+EC3+ Renf 2	PAT+EC2+ Renf 3	PAT+EC2+ Renf 3	PAT+EC2+ Renf 3	PAT+EC2+ Renf 3	PAT+EC2+ Renf 3	PAT+EC2+ Renf 3
Réhabilitation	PAT+EC3+ Réhab 2	PAT+EC2+ Réhab 3	PAT+EC2+ Réhab 3	PAT+EC2+ Réhab 3	PAT+EC2+ Réhab 3	PAT+EC2+ Réhab 3	PAT+EC2+ Réhab 3

## 4.2.6 Résultats des simulations

### 4.2.6.1 Cas des routes non revêtues

- Synthèses économiques

Tableau4-28: Synthèse des coûts économiques (non actualisés) en million par option et par section

	Entretien courant1	Entretien courant2	Entretien periodique1	Entretien periodique2	Entretien periodique3	Option de base
Section11	91 380,17	92 581,85	93 009,31	88 650,92	92 239,75	93 009,31
Section12	102 078,86	103 421,23	103 898,73	99 030,06	103 039,07	103 898,73
Section13	135 039,61	135 619,64	135 874,93	135 498,04	135 993,38	135 874,93
Section14	17 168,97	18 380,16	18 940,57	17 668,64	18 789,47	18 940,57
Section15	18 150,10	19 315,62	19 904,79	19 263,35	19 970,80	19 904,79
Section16	30 306,62	30 825,58	31 164,21	31 010,58	31 670,27	31 164,21

Tableau4-29: Solution optimale par section (sans contrainte)

	Longueur km	Option optimale	Uni moyen IRI en 2028	Etat de la surface de roulement en 2028	cout sur 20 ans (non actualisé en million de FCFA)
Section11	11.28	Entretien périodique 2	17.3	Surface rugueuse	88650,92
Section12	12.6	Entretien périodique 2	17.3	Surface rugueuse	99030,06
Section13	15.17	Entretien courant 1	18.9	Surface rugueuse	135039,61
Section14	19.77	Entretien courant 1	15.5	Surface rugueuse	17168,97
Section15	20.45	Entretien courant 1	15.6	Surface rugueuse	18150,1
Section16	25.49	Entretien courant 1	16.0	Surface rugueuse	30306,62

Lorsque le budget est contraint, l'option optimale des travaux d'entretien sur toutes les sections de routes non revêtues, citées ci-dessus sont renseignées dans l'annexe D (options de section optimales -avec contrainte) ceci pour tous les trois scenarii budgétaires définis ci-dessous:

- Scenario haut : 3613,99 million de FCFA
- Scenario moyen : 2710,4925 million de FCFA
- Scenario bas : 1806,995 million de FCFA
- Les synthèses sur l'état des routes, les programmes de travaux sans contraintes...sont renseignées en annexe D.

#### 4.2.6.2 Cas des routes revêtues

- Synthèses économiques

Tableau4-30: Synthèse des coûts économiques (non actualisés) en million par option et par section

	Entretien periodique1	Entretien periodique2	Entretien periodique3	Option de base	Réhabilitation	Renforcement
Section17	449 847,21	459 343,15	469 402,27	510 929,88	551 965,85	556 104,99
Section18	39 396,53	40 056,17	39 521,16	39 444,71	38 727,48	39 755,24
Section19	3 586,88	2 828,67	2 852,33	3 421,66	3 589,01	3 594,88
Section20	212 144,50	205 395,54	208 968,39	248 109,68	247 403,10	248 515,86
Section21	11 680,74	11 494,19	11 583,35	11 967,35	11 770,70	12 306,95
Section22	65 349,37	62 271,02	63 046,12	69 026,41	68 233,34	66 105,30
Section23	289 236,85	260 235,39	264 959,31	332 160,32	328 475,24	274 911,36
Section24	94 327,36	84 646,74	88 570,95	103 203,99	95 968,44	90 815,23
Section25	6 402,38	0	6 656,42	5 854,50	5 365,11	5 951,82
Section26	7 032,88	0	7 311,48	6 436,22	5 923,15	6 537,33
Section27	1 710,41	0	1 730,34	1 569,69	1 449,81	1 593,31
Section28	11 506,79	0	11 745,84	10 834,05	12 448,57	12 117,15
Section29	3 607,67	0	3 510,84	3 466,29	3 276,55	3 503,69
Section30	78 096,86	0	78 314,99	77 209,32	81 077,30	80 388,23

Tableau4-31: Solution optimale par section (sans contrainte)

	Longueur km	Option optimale	Uni moyen IRI en 2028	Etat de la surface de roulement en 2028	cout sur 20 ans (non actualisé en million de FCFA)
Section17	108.71	Entretien périodique 1	3.0	Surface lisse	449847,21
Section18	14.63	Réhabilitation	3.4	Surface lisse	38727,48
Section19	0.5	Entretien périodique 2	4.2	Surface raisonnablement lisse	2828,67
Section20	42.19	Entretien périodique 2	4.6	Surface raisonnablement lisse	205395,54
Section21	4	Réhabilitation	6.6	Surface moyennement lisse	11770,7
Section22	17.39	Entretien périodique 2	4.9	Surface raisonnablement lisse	62271,02
Section23	57.69	Entretien périodique 2	5.3	Surface raisonnablement lisse	260235,39
Section24	29.5	Entretien périodique 2	4.8	Surface raisonnablement lisse	84646,74
Section25	14.31	Réhabilitation	4.0	Surface raisonnablement lisse	5365,11
Section26	14.98	Réhabilitation	4.1	Surface raisonnablement lisse	5923,15
Section27	3.5	Réhabilitation	7.4	Surface moyennement lisse	1449,81
Section28	12.81	Option de base	6.8	Surface moyennement lisse	10834,05
Section29	5.54	Réhabilitation	11.0	Surface rugueuse	3276,55
Section30	47.13	Option de base	11.3	Surface rugueuse	77209,32

Lorsque le budget est contraint, les options optimales des travaux sur toutes les sections de routes revêtues, citées ci-dessus sont renseignées dans l'annexe E (options de section optimales -avec contrainte) ceci pour tous les trois scénarii budgétaires définis ci-dessous:

- Scénario haut : 1148,79 million de FCFA
  - Scénario moyen : 861,5925 million de FCFA
  - Scénario bas : 574,395 million de FCFA
- Les synthèses sur l'état des routes, les programmes de travaux sans contraintes...sont renseignées en annexe E.

### **4.3. CONCLUSION**

Nous nous sommes intéressés dans ces études de cas aux réseaux classés de Diourbel et de Thiès, pour lesquels l'analyse de stratégie nous a permis d'élaborer des programmes de travaux sans contrainte budgétaire sur 20 ans et lorsque l'optimisation est possible, des programmes de travaux avec contrainte sur 10 ans .Notre étude nous permet également d'estimer l'évolution de l'état de ces réseaux routiers dans le temps. Cependant, compte tenu du nombre de pages considérables générées par les analyses HDM-4 et vu que nous étions à court de temps, nous ne sommes pas rentrés en détails dans l'interprétation des résultats. Nous avons donc présenté quelques rapports significatifs générés par HDM-4 en annexe. Tandis que l'essentiel des rapports est reporté sur le cd support.

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

L'objectif de ce projet de fin d'études était la prévision de l'état du réseau routier national sous différentes hypothèses de niveau de financement.

Et au terme de cette étude, nous avons pu générer des programmes de travaux sans contrainte pour une bonne partie des routes des réseaux classés de Diourbel et de Thiès. Nous avons également déterminé les options de sections optimales et procédé à des simulations en tenant compte de trois niveaux de financement ou de contraintes budgétaires. Ces trois types de scénarii nous ont permis lorsque c'est possible d'élaborer des programmes de travaux avec contrainte; ceci nous donne trois possibilités d'intervention sur chacune des sections objets de l'étude.

Par ailleurs l'étude nous a fourni des renseignements sur l'évolution de l'uni, des dégradations (arrachement, nids de poules, fissures...) des routes des réseaux analysés ; ceci nous permet de prédire l'état des sections de routes étudiées à la fin des programmes de travaux envisagés. Ceci constitue un excellent moyen d'évaluation des normes d'entretien en usage. D'ailleurs l'étude a révélé que les options optimales appliquées aux routes revêtues permettent de préserver l'état du réseau routier dans un état relativement acceptable ; ce qui n'est malheureusement pas le cas des routes en terre. Les normes d'entretien des routes non revêtues telles que expérimentées dans ce PFE ne nous semblent pas intéressantes au regard de l'état des routes à la fin de la période d'analyse ; d'où la nécessité de redéfinir ces normes.

L'étude n'a pas été aisée à cause des difficultés rencontrées dans la collecte des données d'entrée du modèle HDM-4 ; or comme nous l'avons mentionné plus haut, HDM-4 est un outil et non une fin en soit, donc la fiabilité des résultats ne peut être garantie que par l'effort consenti et la précision apportée à la collecte de données d'entrée. Aussi recommandons-nous qu'un effort soit fait dans le renseignement et la mise à jour de la banque de données routières de l'AATR, ainsi que dans l'actualisation des coûts d'exploitation des véhicules au niveau du ministère des transports.

Les volets coût des accidents et impact environnemental n'ont pas été pris en compte dans notre étude par manque de données. Il serait donc également intéressant de penser à inclure cet aspect dans les prochaines études, afin de s'inscrire dans un processus de développement durable auquel les bailleurs de fonds sont très attachés de nos jours.

Enfin, il est souhaitable que le calibrage des paramètres au niveau national soit fait afin de permettre de ne plus utiliser les coefficients de calages par défaut de HDM-4 et d'être beaucoup plus sûre des résultats obtenus.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Henry G. R. KERALI. *Manuel HDM-4, volume un : vue d'ensemble de HDM-4*, France, AIPCR, 2000, 53 p.
- [2] Henry G. R. KERALI; Derek Mc Mullen J. B. ODOKI. *Manuel HDM-4, volume deux : Applications guide*, France, AIPCR, 2000
- [3] David C. WIGHTMAN; Eric E. STANNARD; Jo M DAKIN. *Manuel HDM-4, volume trois : Guide de l'utilisateur*, France, AIPCR, 2000, 152 p.
- [4] Henry G. R. KERALI, J. B. ODOKI. *Manuel HDM-4, volume quatre : Analytical framework and Model descriptions*, France, AIPCR, 2000
- [5] Christopher R. BENNETT. *Manuel HDM-4, volume cinq: A guide to calibration and adaptation*, France, AIPCR, 2000
- [6] LCPC, *Formation à l'utilisation du modèle HDM-4*
- [7] *Projet de fin d'étude, Paramétrage du logiciel HDM-4*, Bamba DIOME, ESP-Thiès/AATR  
juillet 2007
- [8] *Projet de fin d'étude, REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES Détermination de stratégies d'entretien, de réhabilitation, de renforcement et d'aménagement de routes les mieux adaptés au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4*, Chimère DIOP et Gabriel DIA, ESP-Thiès/AATR ,  
juillet 2008
- [9] A.A.T.R./STUDI international, *Etude du plan triennal de transport du Sénégal pour la période 2003-2005*, février 2003
- [10] A.A.T.R./APAVE, *Etude du plan triennal de transport du 2007-2009*, août 2003
- [11] *Etude du plan triennal glissant 2005-2007*
- [12] *Etude du plan triennal glissant 2005-2007*
- [13] *Rapport définitif du comptage routier de 2007 sur le réseau classe, volume 1 & 2*
- [14] *Rapport provisoire du comptage routier de 2002 sur le réseau classe, volume 1 & 2*
- [15] *Rapport inspection sommaire 2007*

- [16] *République, Française, Secrétariat d'état aux affaires, étrangères chargé de la coopération, Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques, Tome1 : conception et économie des projets routiers*
- [17] *République, Française, Secrétariat d'état aux affaires, étrangères chargé de la coopération, Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques, Tome3 : entretien et exploitation de la route.*
- [18] *Notes des cours de routes 1 et 2 de Mr Souleye DIOME, professeur à l'EPT*
- [19] *Association Québécoise du Transport et des Routes, Guide de gestion routière, 1977*
- [20] *Paul AUTRET, François BRILLET, Jean-Louis BROUSSE, Développement d'un système d'aide à la gestion d'un réseau routier : Réseau national coréen*

## WEBOGRAPHIE

- [1] *AATR (Agence Autonome des Travaux Routier) : [www.aatr.sn](http://www.aatr.sn)*
- [2] *Banque Mondiale : [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)*
- [3] *AIPCR (Association Mondiale de la Route) : [www.aipc.org](http://www.aipc.org)*
- [4] *Ministère de l'Economie et des Finances du Sénégal : [www.finances.gouv.sn](http://www.finances.gouv.sn)*

## *ANNEXES*

***ANNEXE A : COUTS DES TRAVAUX D'ENTRETIEN***

*Annexe A-1: Estimation du coût de l'enduit monocouche*

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Monocouche	Imprégnation	m <sup>2</sup>	1 200	PU*Largeur*1000	7 200 000	8 400 000
Code travaux	Enduit mono	m <sup>2</sup>	1 800	PU*Largeur*1000	10 800 000	12 600 000
HDM	Reprise accotement 2.5 %	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Largeur*1000*0,025	1 350 000	1 575 000
EPMO	Drainage	Ft/km	1050000	PU	1 050 000	1 050 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1000000	PU	1 000 000	1 000 000
	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous tâches	<b>22 900 000</b>	<b>26 125 000</b>
<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1000000		<b>27,022</b>	<b>30,828</b>

*Annexe A-2: Estimation du coût de l'enduit bicouche*

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Bicouche	Imprégnation	m <sup>2</sup>	1 200	PU*Largeur*1000	7 200 000	8 400 000
Code travaux	Enduit bicouche	m <sup>2</sup>	3 500	PU*Largeur*1000	21 000 000	24 500 000
HDM	Reprise accotement 2.5 %	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Largeur*1000*0,025	1 350 000	1 575 000
EPBI	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous tâches	<b>33 100 000</b>	<b>38 025 000</b>
<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1 000 000		<b>39,058</b>	<b>44,870</b>

Annexe A-3: Estimation du coût de rechargement de 3 cm de béton bitumineux

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Enrobés 3 cm	Imprégnation	m <sup>2</sup>	1 200	PU*Largeur*1000	7 200 000	8 400 000
Code travaux	Enrobés	t	81 000	PU*2,5*Largeur*1000*0,03	36 450 000	42 525 000
HDM	Reprise accotement 2.5 %	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Largeur*1000*0,025	1 350 000	1 575 000
PBB3	Drainage	Ft/km	1050000	PU	1 050 000	1 050 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1500000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1000000	PU	1 000 000	1 000 000
	<b>Coût moyen au km</b>				Somme des sous tâches	<b>48 550 000</b>
> 3000	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>		Coût au km*1,18/1 000 000		<b>57,289</b>	<b>66,139</b>

Annexe A-4: Estimation du coût de rechargement de 4 cm de béton bitumineux

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Enrobés 4 cm	Imprégnation	m <sup>2</sup>	1 200	PU*Largeur*1000	8 400 000	8 400 000
Code travaux	Enrobés	t	81 000	PU*2,5*Largeur*1000*0,04	48 600 000	56 700 000
HDM	Reprise accotement 2.5 %	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Largeur*1000*0,025	1 575 000	1 575 000
PBB4	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
	<b>Coût moyen au km</b>				Somme des sous tâches	<b>62 125 000</b>
> 3000	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>		Coût au km*1,18/1 000 000		<b>73,308</b>	<b>82,866</b>

NB : Dans ce cas le coût de la chaussée de 6 m a été évalué avec une largeur de 7 m.

Annexe A-5: Estimation du coût de rechargement de 5 cm de béton bitumineux

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Enrobés 5 cm	Imprégnation	m <sup>2</sup>	1 200	PU*Largeur*1000	7 200 000	8 400 000
Code travaux	Enrobés	t	81 000	PU*2,5*Largeur*1000*0,05	60 750 000	70 875 000
HDM	Reprise accotement 2.5 %	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Largeur*1000*0,025	1 350 000	1 575 000
PBB5	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
<b>Coût moyen au km</b>				Somme des sous tâches	<b>72 850 000</b>	<b>84 400 000</b>
> 3000	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>		Coût au km*1,18/1000000		<b>85,963</b>	<b>99,592</b>

Annexe A-6: Estimation du coût de rechargement de 7 cm de béton bitumineux

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Enrobés 7 cm	Imprégnation	m <sup>2</sup>	1 200	PU*Largeur*1000	8 400 000	8 400 000
Code travaux	Enrobés	t	81 000	PU*2,5*Largeur*1000*0,07	85 050 000	99 225 000
HDM	Reprise accotement 2.5 %	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Largeur*1000*0,025	1 575 000	1 575 000
PBB7	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
<b>Coût moyen au km</b>				Somme des sous tâches	<b>98 575 000</b>	<b>112 750 000</b>
> 3000	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>		Coût au km*1,18/1 000 000		<b>116,319</b>	<b>133,045</b>

NB : Dans ce cas le coût de la chaussée de 6 m a été évalué avec une largeur de 7 m.

Annexe A-7: Estimation du coût du renforcement 1

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Renforcement 1						
Couche de base en matériaux traités  type GB revêtement enrobés	Purges	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
	Couche de base	t	45 000	PU*2,5*Largeur*1000*0,15	101250000	118125000
	Rechargement accotement 2X2m	m <sup>2</sup>	9 000	PU*2*Larg accot*1000*0,22	7920000	7920000
	BB 7 cm	t	81 000	PU*2,5*Largeur*1000*0,07	85050000	99225000
	Mono accotement	m <sup>2</sup>	1 800	PU*1000*4	7200000	7200000
Code travaux	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
HDM	Réfection Ouvrages	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
RB25	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 500 000
	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
Classe de trafic	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous taches	206 570 000	237 620 000
	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1 000 000	243,7526	280,3916
> 3000						

Annexe A-8: Estimation du coût du renforcement 2

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Renforcement 2						
Couche de base en matériaux concassés ou naturels traités  revêtement enrobés	Imprégnation	m <sup>2</sup>	1 200	PU*Largeur*1000	7200000	8400000
	Purges	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
	Couche de base	t	30 000	PU*Largeur*1000*0,15	27000000	31500000
	Rechargement accotement 2X2m	m <sup>2</sup>	9 000	PU*2*Larg accot*1000*0,22	7920000	7920000
	BB 5cm	t	81 000	PU*2,5*Largeur*1000*0,05	60750000	70875000
Code travaux	Mono accotement	m <sup>2</sup>	1 800	PU*1000*4	7200000	7200000
HDM	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
RC25	Réfection Ouvrages	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous taches	115 220 000	131 045 000
1000 / 3000	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1 000 000	135,9596	154,6331

Annexe A-9: Estimation du coût du renforcement 3

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Renforcement 3 Couche de base en matériaux naturels traités Revêtement bicouche	Imprégnation + bicouche	m <sup>2</sup>	4 700	PU*Largeur*1000	28200000	32900000
	Purges	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
	Scarification	m <sup>2</sup>	500	PU*Largeur*1000	3000000	3500000
	Rechargement accotement 2X2m	m <sup>2</sup>	9 000	PU*2*Largaccot*1000*0,22	7920000	7920000
	LATC	m <sup>3</sup>	20 000	PU*Largeur*1000*0,15	18000000	21000000
Code travaux HDM	Mono accotement	m <sup>2</sup>	1 800	PU*1000*4	7200000	7200000
	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
RC15	Réfection Ouvrages	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 500 000
Classe de trafic	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous tâches	69 470 000	77 670 000
500/1000	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1 000 000	81,9746	91,6506

Annexe A-10: Estimation du coût du renforcement 4

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Renforcement 4 Couche de base en matériaux naturels	Scarification	m <sup>2</sup>	500	PU*Largeur*1000	3000000	3500000
	Couche de base	m <sup>3</sup>	10 000	PU*Largeur*1000*0,15	9 000 000	10 500 000
	Rechargement accotement 3 m	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Larg accot*1000*0,2	5400000	5400000
latérite ou BC Revêtement bicouche	Imprégnation + BI	m <sup>2</sup>	4 700	PU*Largeur*1000	28200000	32900000
	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
Code travaux HDM	Réfection Ouvrages	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 300 000
RL15, REH1	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
Classe de trafic	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous tâches	49 950 000	56 450 000
	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1 000 000	58,941	66,611

Annexe A-11: Estimation du coût du renforcement 5

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Renforcement 5 Couche de base ponctuelle en matériaux naturels latérite ou BC	Scarification	m <sup>2</sup>	500	PU*Largeur*1000	3000000	3500000
	10 LAT (moyen)	m3	11 000	PU*Largeur*1000*0,1	6 600 000	7 700 000
	Rechargement accotement	m <sup>2</sup>	9 000	PU*Larg accot*1000*0,15	4050000	4050000
	Imprégnation + BI	m <sup>2</sup>	4 700	PU*Largeur*1000	28200000	32900000
	Drainage	Ft/km	1 050 000	PU	1 050 000	1 050 000
Code travaux HDM	Réfection Ouvrages	Ft/km	800 000	PU	800 000	800 000
	Signalisation horizontale	Ft/km	1 500 000	PU	1 500 000	1 000 000
RL10	Signalisation verticale	Ft/km	1 000 000	PU	1 000 000	1 000 000
Classe de trafic 0 / 250	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous taches	46 200 000	52 000 000
	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>		Coût au km*1,18/1 000 000		54,516	61,36

Annexe A-12: Estimation du coût de la réhabilitation 1

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Coût au km		
				Operations	Largeur (m)	
					6	7
Réhabilitation 1	Renforcement 1			coût au km du Renfor 1		237 620 000
Code travaux HDM	Terrassement	Ft/km	3 000 000	PU		3 000 000
	Reconstruction ouvrages	Ft/km	5 000 000	PU		5 000 000
REH5	Divers 10%					24562000
Classe de trafic > 3000	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous taches		270 182 000
	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>		Coût au km*1,18/1 000 000			318,81476

Annexe A-13: Estimation du coût de la réhabilitation 2

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Operations	Coût au km	
					Largeur (m)	
					6	7
Réhabilitation 2	Renforcement 2			coût au km du Renfor 2		131 045 000
Code travaux HDM	Terrassement	Ft/km	3 000 000	PU		3 000 000
	Reconstruction ouvrages	Ft/km	5 000 000	PU		5 000 000
REH4	Divers 10%					13904500
Classe de trafic	Coût moyen au km			Somme des sous tâches		152 949 500
1000 / 3000	Coût moyen du m <sup>2</sup>		Coût au km*1,18/1 000 000			180,48041

Annexe A-14: Estimation du coût de la réhabilitation 3

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Operations	Coût au km	
					Largeur (m)	
					6	7
Réhabilitation 3	Renforcement 3			coût au km du Renfor 3	69 470 000	77 670 000
Code travaux HDM	Terrassement	Ft/km	1 500 000	PU	1 000 000	1 500 000
	Reconstruction ouvrages	Ft/km	4 000 000	PU	4 000 000	4 000 000
REH3	Divers 10%				7447000	8317000
Classe de trafic	Coût moyen au km			Somme des sous tâches	81 917 000	91 487 000
500 / 1000	Coût moyen du m <sup>2</sup>		Coût au km*1,18/1 000 000		96,66206	107,95466

Annexe A-15: Estimation du coût de la réhabilitation 4

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Operations	Coût au km	
					Largeur (m)	
					6	7
Réhabilitation 4	Renforcement 4			coût au km du Renfor 4	49 950 000	56 450 000
Code travaux	Terrassement	Ft/km	500 000	PU	500 000	500 000
HDM	Reconstruction ouvrages	Ft/km	4 000 000	PU	4 000 000	4 000 000
REH2	Divers 10%				5445000	6095000
Classe de trafic	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous taches	59 895 000	67 045 000
< 500	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1 000 000	70,6761	79,1131

Annexe A-16: Estimation du coût de la réhabilitation 5

Tâches principales	Sous tâches	Unité	PU	Operations	Coût au km	
					Largeur (m)	
					6	7
Réhabilitation 5	Réhabilitation de type 1 à 3	Ft/km		coût au km du Renfor 4	300 000 000	300 000 000
Code travaux	Décassement, assainissement	Ft/km	500 000	PU	200 000 000	200 000 000
HDM	bordures, etc très variable selon importance	Ft/km	4 000 000	PU	100 000 000	100 000 000
REH6, RCVU						
Classe de trafic	<b>Coût moyen au km</b>			Somme des sous taches	600 000 000	600 000 000
axes principaux secondaires tertiaires	<b>Coût moyen du m<sup>2</sup></b>			Coût au km*1,18/1 000 000	708	708

Annexe A-17: Estimation du cout de réparation des épaufrures

		Largeur	
		6m	7m
Reprise d'épaufrures N1 Epauf 1	15cm + 1 m accotement		
	En GB + BB	9 550 000	idem
	En LAT + Bi	4 840 000	idem
N2 Epauf 2	25 cm + 1.5 m accotement		
	En LATC + Bi	8 475 000	idem
	En LAT + Bi	7 500 000	idem
N3 Epauf 3	Réhabilitation ou 1m + 1.5 m		
	En LAT + Bi	14 100 000	

***ANNEXE B : RAPPORTS DE LA SIMULATION HDM-4 POUR LES ROUTES NON  
REJETUES DE LA REGION DE DIOURBEL***

*ANNEXE C : RAPPORTS DE LA SIMULATION HDM-4 POUR LES ROUTES  
REJETUES DE LA REGION DE DIORBEL*

*ANNEXE D : RAPPORTS DE LA SIMULATION HDM-4 POUR LES ROUTES NON  
REJETUES DE LA REGION DE THIES*

*ANNEXE E : RAPPORTS DE LA SIMULATION HDM-4 POUR LES ROUTES  
REJETUES DE LA REGION DE THIES*