

**XXIII^e CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE
PARIS 2007**

PAKISTAN – RAPPORT NATIONAL

SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS4

**GESTION DES INFRASTRUCTURES: APPORTS
TECHNIQUES AU PROCESSUS DE DÉCISION**

Engr. Altaf Ahmad Chaudhry & Engr. Nadeem Abbas Khokhar
National Highway Authority

Rapport National du Pakistan sur "Qualité de l'Infrastructure Routière"

1. A Propos du Pakistan

1.1 Géographie

Situé dans le sud de l'Asie, le Pakistan partage une frontière Est avec l'Inde, et une frontière Nord-est avec la Chine. Au Sud-est la frontière est partagée avec l'Iran alors qu'au Nord et à l'Ouest la frontière est commune avec l'Afghanistan. La cote sur la mer d'Arabie constitue la frontière Sud sur une distance de 1 064 km. La superficie totale du pays est de 803 890 km² dont une surface de terres de 796 095 km². Le pays s'étend sur plus de 1800 km depuis la baie de Gawadar à l'extrémité Sud-est jusqu'au Col de Khunjerab sur la frontière Chinoise.

Le pays comprend d'immenses sommets au Nord (en particulier la seconde plus haute montagne du monde, le K2, culminant à 8611 m / 28245 ft), des montagnes sèches et broussailleuses à l'Ouest, un plateau inhospitalier au Sud-ouest, des déserts arides au Sud-est et des plaines alluviales partout ailleurs. Ces plaines représentant environ le tiers du pays sont le "cœur" du Pakistan où vit la majorité de la population et sont la source de la plupart de l'agriculture. Au milieu de tout ce tumulte géographique le fleuve Indus déroule son cours. Prenant sa source au Tibet il coule vers le Sud sur 2500 km (1550 miles) avant de se jeter dans la mer d'Arabie par un immense delta.



Carte de Localisation du Pakistan

1.2 Population:

La population du Pakistan a augmentée plus de cinq fois depuis son indépendance en 1947, pour passer d'environ 30 millions à 155 millions d'habitants. Les statistiques du dernier quart de siècle indiquaient une croissance de la population de l'ordre de 3% par an, alors que celle-ci est maintenant passée à moins de 2% par an. Depuis 1947, la répartition de la population est demeurée stable avec peu ou pas de migrations régionales; Quoiqu'il en soit le niveau d'urbanisation a augmenté mais reste concentré dans moins d'une douzaine de centres urbains.

L'augmentation de la densité de population, la forte urbanisation et la diversification dans l'utilisation des terres ont provoqué une demande accrue de mobilité en conjonction avec un besoin de systèmes de transport efficaces afin d'assurer la prospérité économique et l'intégration sociale.

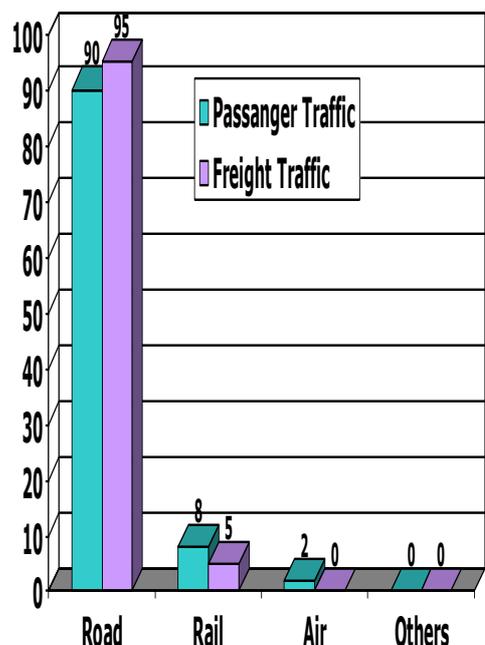
2. Systèmes de Transport:

2.1 Secteur du Transport:

La part du transport représente environ 10% du PIB et emploie environ 2.0 millions de personnes représentant environ 5% de la population active. Les infrastructures existantes sont inadaptées et demandent d'importantes réfections. Les systèmes d'échanges étant archaïques, ils ont un coût annuel sur l'économie de plus de 220 milliards de Roupies.

2.2 Distribution Modale:

A la date de sa création en 1947, le Pakistan a hérité d'un système de transport qui bien que limité fonctionnait relativement bien. Au cours de ces 50 dernières années le système a subi une transformation radicale; Certains modes, anciens et établis, comme les chemins de fer ont perdu leur rôle prééminent au profit essentiel du transport routier, le transport aérien prenant une part de plus en plus importante. D'autres modes ont également subi des changements radicaux. Sur le plan National, le fret et le trafic passager ont cru de 3% et 4.5% par an au cours des 30 dernières années. Le secteur routier compte maintenant pour 91% des transports de personnes et 95% du trafic de fret.



2.3 Infrastructures Existantes:

Actuellement la densité routière au Pakistan est de 0.32 km/km², et il est prévu d'augmenter cette densité jusqu'à 0.42 km/km² par la construction dans les années futures de 80 000 km de route supplémentaires. Bien que le réseau routier ait augmenté jusqu'à 250 000 km de route depuis l'indépendance en 1947, le pourcentage de routes non asphaltées reste de 37%, et il y a un manque de 150 000 km de route qui aujourd'hui prive environ 40% de la population rurale à avoir accès au courant principal de l'économie.

Il y a 14 routes nationales, 4 autoroutes et 2 routes stratégiques sous la juridiction de National Highway Authority (NHA). La plupart des tronçons de la route N-5 sont doubles (2 fois 2 voies avec terre plein central), sauf sur la section Karachi-Hyderabad (M-9) qui est en cours de modernisation au standard d'autoroute à 6 voies à péages sous forme d'un BOT avec des constructeurs locaux.

Les autoroutes sont des routes à péage avec accès contrôlé, voies rapides de circulation, et empruntent un nouveau trace reliant Gawadar et les ports de Karachi au reste du pays.

2.4 Classification Administrative des Routes:

Trois Ministères Fédéraux et quatre gouvernements provinciaux partagent la responsabilité du transport routier.

Les routes Pakistanaïses sont essentiellement classées en 5 catégories, les autoroutes, les routes nationales, les routes stratégiques, les routes de districts et les routes interurbaines. Les routes nationales et les autoroutes forment l'épine dorsale du système routier, assurant les liaisons inter-provinces et les routes des provinces assurent l'accès aux routes nationales et autoroutes. Les routes stratégiques n'ont pas le rôle défini ci-dessus mais desservent des zones d'importance stratégique pour le pays. Les autoroutes et routes nationales sont gérées par NHA qui est administrativement rattaché au Ministère des Communications, alors que les routes provinciales sont gérées par les provinces respectives au travers de leur système propre. Les routes de districts relient les petites villes et assurent l'accès aux villages et zones reculées. Le réseau reliant les fermes aux marchés tombe également dans cette catégorie. Les autorités locales/municipales gèrent les routes urbaines et interurbaines

Administration	Road Category	Extent (Km)
NHA / MoC	National Highway/M.Way/Strategic road	9,000
C&WD/WSD/FHA	Provincial Road	101,000
District Government	District Road	94,000
Municipality / Cantonment	Municipal and army road	54,000

2.5 Réseau Routier:

Le réseau routier Pakistanais totalise environ 250 000 km de routes et près de 1/3 demeure non asphalté. La proportion non asphaltée est grande au Balochistan du fait de sa grande surface non peuplée.

	Pakistan	Punjab	Sindh	NWFP	Balochistan
Total Road Length (Km)	258,214	106,140	79,834	30,049	42,191
Percentage of Paved Road	63%	78%	69%	46%	13%
Area km ² .	796,095	206,250	140,914	101,741	347,190
Road Density (km/km ²)	0.32	0.51	0.57	0.3	0.12
Population (million)	148.72	85.33	32.99	23.26	7.14
Road Length /million people (km)	1,736	1,244	2,420	1,292	5,909
Number of Registered Vehicles	4,974,000	2,920,984	1,457,323	430,429	165,264
Road Length / 1000 Vehicles	52	36	55	70	255

2.6 Financement et Approbation par les Autorités Gouvernementales:

Le National Economic Council (NEC) représente l'autorité dirigée par le Chief Executive et qui définit les lignes directrices et approuve les programmes de développement macro économique du pays. Des Commissions de Planning préparent les plans nationaux quinquennaux et les plans annuels du Public Sector Development Program (PSDP) pour l'approbation de NEC, ainsi que l'évaluation des projets individuels proposés pour l'approbation de CDWP (Central Development Working Party) et de ECNEC (Executive Committee for National Economic Council), alors que PDWP (Provincial Development Working Party) approuve les projets provinciaux d'envergure moins importante.

Le réseau routier a été bénéficiaire du financement public par le Trésor pour 86% du PSDP du système des transports. Malgré un tel financement le retard en maintenance est devenu alarmant car la préoccupation première était plus concentrée sur les nouvelles constructions plutôt que sur l'entretien. Plus de 50% des routes nationales et provinciales sont en mauvaises conditions du fait d'entretien insuffisant, de surcharges de trafic et de mauvaise qualité des travaux. Le report des travaux d'entretien des seules routes nationales et provinciales coûte à l'économie nationale de l'ordre de 140 millions de roupies par an.

3. Le Scenario International:

Pour le commerce international, le Pakistan doit essentiellement être considéré comme une "île" car plus de 95% de ses échanges se fait par voie maritime au travers de ses ports. Globalement aidé par la révolution des communications, le secteur du transport devient de plus en plus efficace et les couts du transport passager et fret diminuent.

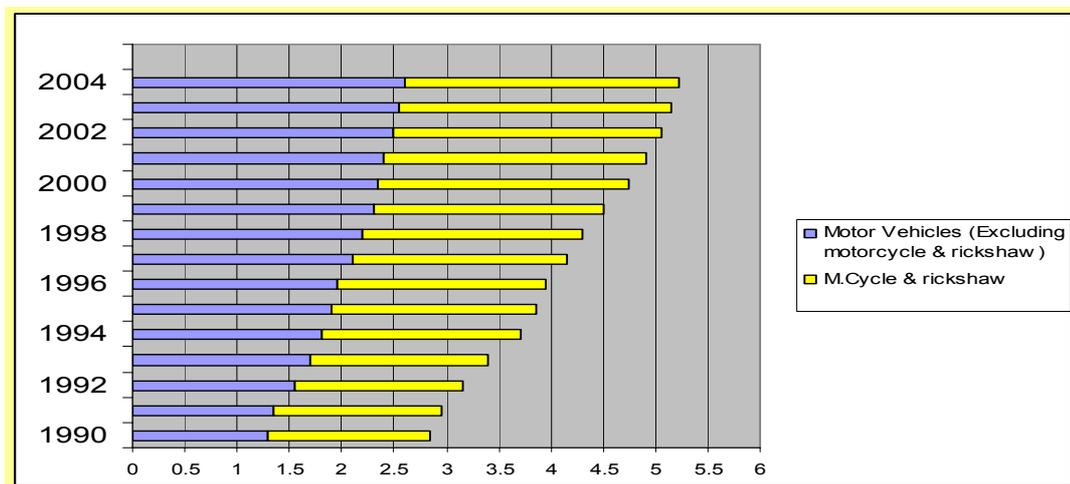
4. Vision du Pakistan dans sa Politique des Transports:

La vision du Pakistan dans sa politique des transports est de fournir:

"Un système qui fournit un accès et une mobilité des personnes de manière efficace, sure, fiable, équitable et écologique en appui a l'objectif gouvernemental d'augmenter le pouvoir d'achat au travers de la croissance économique, du développement et de la réduction de la pauvreté."

5. Modèles de Trafic:

Il y a environ 5.4 millions de véhicules dans le pays dont près de 50% sont des motocycles et 15% des tracteurs agricoles. Plus de la moitié sont concentres dans les quelques grandes villes. Le nombre de véhicules en circulation a augment au taux de 4.3% par an au cours des dix dernières années.



5.1 Véhicules Motorisés.

Le transport routier est essentiellement fourni par le secteur prive. Les flottes sont constituées de un à plusieurs centaines de véhicules détenus parfois en multipropriété.

Bien que fragmentaire, le transport de fret assure par le secteur privé pour plus de 95% reste très efficace. L'entreprise publique National Logistic Cell (NLC) détient 5% du marché et jouit d'un statut de préférence. Une des plus grosses difficultés empêchant l'amélioration de la qualité du service reste le manque de financement du secteur privé.

L'industrie du transport utilise essentiellement des camions Bedford de 9 tonnes, Ce véhicule est très coûteux à utiliser, gros consommateur de carburant et manque de puissance pour les transports à longue distance. En plus des dommages créés au système routier du fait de l'absence de contrôle de limitation de tonnage, le coût des transports reste élevé.

5.2 Tendances de la Demande Stratégique de Transport:

La demande actuelle au Pakistan a été estimée à 239 milliards passager-km et 153 milliards ton-km. Depuis 1990 l'augmentation de la demande de transport passager et fret a augmenté parallèlement à l'augmentation du GDP, bien que de façon supérieure dans les dix dernières années et sensiblement inférieure depuis 2000. L'augmentation moyenne du volume de transport passager et fret au cours des 5 dernières années est respectivement de 3.4% et 3.2%. La part du transport routier est de loin la plus importante, représentant 90% du transport passager et 95% du trafic de fret.

5.3 Changement de la Distribution Modale:

Le transport routier de passagers et fret a augmenté rapidement, le transport ferroviaire de passagers relativement peu alors que le transport ferroviaire de fret a même diminué en terme de tonne-km. Le fret aérien restant minimal.

Fiscal Year	Passenger Traffic				Freight Traffic			
	Passenger-Km (million)		Composition (%)		Ton-Km (million)		Composition (%)	
	Road	Rail	Road	Rail	Road	Rail	Road	Rail
1990/91	128,000	19,964	86.5	13.5	32,211	5,709	86.0	14.0
1992/93	135,000	17,082	88.9	11.2	53,719	6,180	89.7	10.3
1994/95	146,132	17,545	89.3	10.7	75,770	5,611	93.0	7.0
1996/97	163,751	19,144	89.6	10.4	84,345	4,607	94.8	5.2
1998/99	185,236	19,980	90.7	9.3	95,246	3,967	96.0	4.0
2000/01	208,370	19,590	91.4	8.6	107,085	4,520	95.9	4.1
2002/03	215,872	22,306	90.6	9.4	110,172	4,820	95.8	4.2
2003/04	222,779	23,045	90.6	9.4	114,244	4,796	96.0	4.0

5.4 Volumes de Trafic et Sécurité Routière:

Les statistiques relevant de la sécurité routière, tant pour la part passager que la part fret sont consternantes. Le taux d'accidents de la route, bien qu'en déclin au cours des 10 dernières années reste très élevé en comparaison avec les pays développés. Les causes essentielles des accidents restent dues au comportement des usagers, à la qualité des routes, à l'état des véhicules, à l'éducation et la prise de conscience des chauffeurs, etc.

6. National Highway Authority

National Highway Authority (NHA) est une entité autonome créée en 1991 par une décision du Parlement. Administrativement NHA est rattachée au Ministère des Communications.

L'objectif assigné à NHA est de planifier, promouvoir et organiser les opérations des programmes de construction, de développement, de réparations et entretiens des routes nationales, autoroutes et routes stratégiques.

6.1 Vision de National Highway Authority

“National Highway Authority (NHA) doit se développer pour fournir un service efficace à tous les usagers du Pakistan en leur assurant confort et sécurité sur les routes nationales et autoroutes”.

6.2 Objectif de National Highway Authority

L'objectif de NHA est de gérer et entretenir le réseau des routes nationales, de réduire les coûts de transport, de fournir en tout temps confort et sécurité aux usagers et de préserver les investissements faits pour les ponts et routes.

6.3 Normes de NHA:

Des Normes ont été établies par NHA en fonction des conditions du trafic local, du type de chargement et des matériels roulants existants. Les critères suivants ont servi de base pour établir les Normes produites par NHA.

- a. Construction d'autoroutes et nouvelles routes
- b. Ponts et ouvrages rattachés
- c. Réhabilitation et amélioration des réseaux existants
- d. Entretien des routes et ouvrages existants

Les Normes de NHA décrivent les besoins et procédures d'exécution pour atteindre la qualité requise. Les matériaux doivent répondre aux spécifications et aux procédures d'essais de façon similaire à celles requises par les Standards Internationaux suivants:

- a. AASHTO
- b. ASTM
- c. BS Standards.

6.4 Besoins d'Entretien

Du fait de l'explosion démographique, de la croissance économique et de la dépendance toujours croissante vis à vis des routes, la pression sur le réseau routier national augmente chaque jour un peu plus. L'importance d'un réseau routier efficace permettant un développement économique durable, des créations d'emplois et la diminution de la pauvreté sont des critères suffisamment importants pour ne pas mériter d'être développés plus en détail. Dans le cadre de ce scénario, la maintenance et l'entretien permanent, la réhabilitation, l'amélioration et la préservation des routes Pakistanaises sont des avoirs absolument vitaux pour le développement de l'économie nationale. Ce dernier facteur prend toute sa signification quand on réalise que les études faites sur l'état du réseau Pakistanais indiquent que plus de 20% est en très mauvais état, requérant des travaux importants de réhabilitation et d'entretien.

La durée de service des enrobés étant largement dépassée, il n'y pas d'autre alternative que la réhabilitation lourde et la reconstruction. En fonction de la situation présente et après une analyse détaillée des facteurs liés à la maintenance ainsi qu'en fonction des budgets disponibles, la seule stratégie viable formulée par les plus hautes autorités de NHA en 2001-02 a été de mettre en place un programme en trois points de reconstruction, de réhabilitation et de maintenance préventive. Des travaux importants de maintenance des routes nationales ont été entrepris en 2001 et ont considérablement amélioré les conditions des routes ainsi que la sécurité et réduit les temps de parcours. Ce concept d'un entretien fonctionnel régulier, qui est un concept relativement nouveau, a été testé sur différentes sections du réseau et s'est montré très satisfaisant.

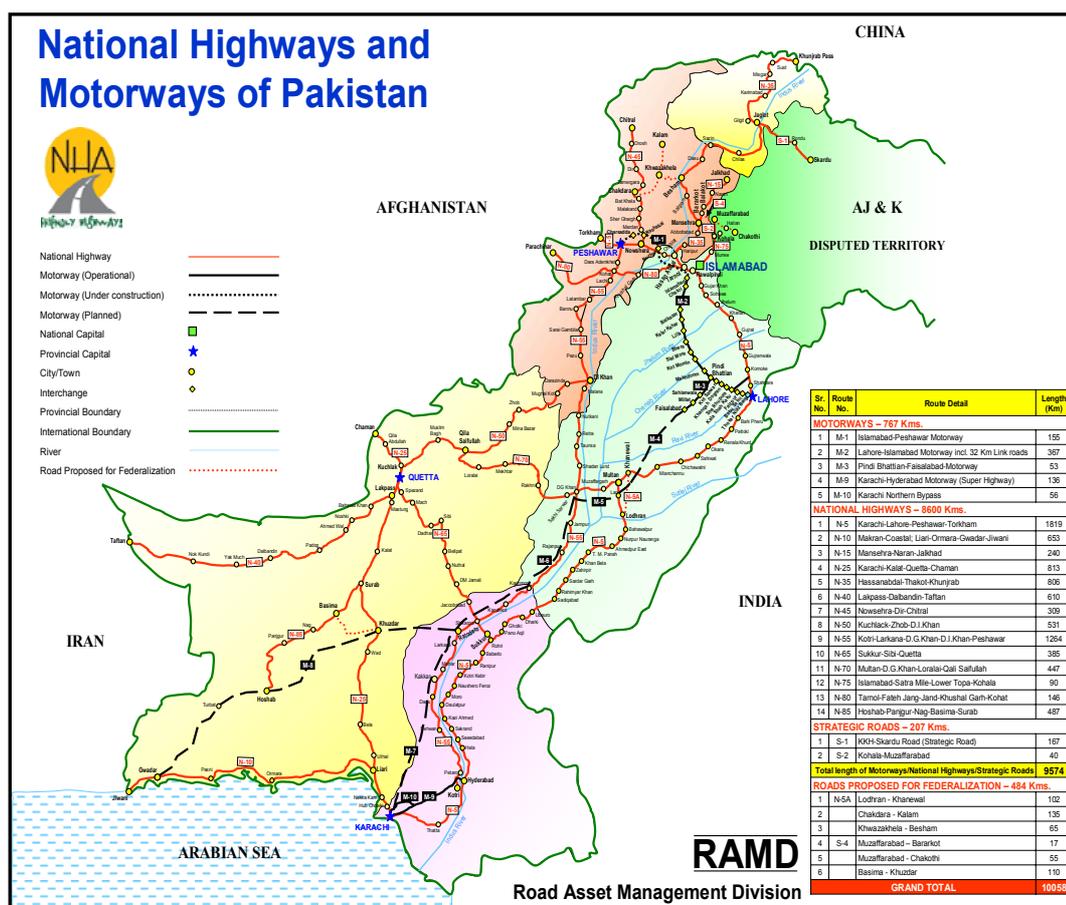
6.5 Réalisations de NHA dans le cadre de la Sécurité et de la Maintenance:

NHA est actuellement responsable de la maintenance et de l'entretien d'environ 9574 km de routes nationales toutes catégories confondues. Ce réseau qui ne compte que pour 3.65% du réseau total (i.e. 260 000 km) supporte cependant 80% de l'ensemble du trafic.

Indiscutablement ce réseau est en permanence sous tension maximale et son utilité du point de vue de la dépendance économique ne nécessite pas d'être souligné plus avant. Malgré l'immense fossé existant entre les besoins en

maintenance et les moyens disponibles, au cours des 4 dernières années, grâce a des réfections d'enrobés (autant structurelles que fonctionnelles) NHA a pu avec succès augmenter graduellement la qualité de l'entretien en comblant les ornières de façon durable, en remplaçant ou réhabilitant les ponts ainsi qu'en exécutant d'autres travaux comme la réalisation de voies de service, d'éclairages, d'arrêts de bus, de voies réservées aux taxis, de parkings, de passages inférieurs et supérieurs, d'échangeurs routiers, etc.. tout cela grâce aux revenus du péage.

NHA concentre également son attention sur les mesures de sécurité nécessaires autorisant un trafic sur et fluide. Des équipements de sécurité ont été créés et installés en fonction des directives internationales permettant ainsi de réduire les risques d'accident aux endroits critiques et offrir une sécurité optimum aux usagers. Les nouvelles technologies et nouveaux équipements de sécurité sont utilisés. L'installation de panneaux routiers, le marquage horizontal, la pose de réflecteurs lumineux, la pose de barrières de sécurité, la réalisation de U-turns ont augmentés. L'amélioration de la qualité des routes et la mise en place de panneaux de sécurité ont ainsi permis de diminuer considérablement le nombre d'accidents malgré l'augmentation continue du trafic.



NHA s'est également engagé dans un programme de contrôle de la charge par essieu en installant des stations de pesage et autres mesures permettant de mesurer les dommages causés par les camions en surcharge. En accord avec les Normes Internationales, l'amélioration des routes et l'installation des équipements appropriés permettent une réduction de 90% des accidents étant rappelé que la gestion de 10% d'accident reste dans des limites acceptables.

6.5.1 Standardisation des Activités de Maintenance

Dans le cadre des contraintes liées à un budget réduit et à un trafic toujours croissant sur un réseau en constante expansion, l'usage des ressources disponibles et du budget ont été optimisés pour permettre de maintenir les standards requis en termes de performance et de durée. Après examen minutieux, analyses et délibérations, NHA a décidé en 2002 que les standards d'entretien utilisés sur le réseau Pakistanais, qui était devenu primitif et obsolète, devaient être considérablement améliorés en accord avec les normes et standards internationaux, c'est à dire que l'ensemble des routes devait être entretenu au plus haut degré de qualité possible.

Il a ainsi été décidé que les procédures d'entretien et standards tels qu'utilisés de part le monde comme ASHTO, ASTM, Asphalt Institute, avec leurs directives devaient être adoptés de façon extensive dans le cadre des activités de maintenance. Bien que les coûts de maintenance aient doublés, il est à noter que l'amélioration des techniques et des standards ainsi que la qualité des travaux ont également progressés de façon considérable. NHA a réussi à éliminer les nids de poules et ornières sur l'ensemble de ses routes ce qui est essentiellement dû à la standardisation des travaux de maintenance.

Des portions de routes continues et plus longues sont maintenant sous le coup de programmes de maintenance périodique (en termes de fonctionnalité) permettant d'augmenter ainsi la durée de vie du revêtement de l'ensemble de la section. Cette nouvelle façon de procéder a également amélioré de façon significative le confort des usagers et a aussi eut un effet direct sur le coût opératoire des véhicules (VOC) qui est ainsi réduit, ayant ainsi un effet positif sur les coûts supportés par le Trésor. Il a été estimé qu'une dépense de 7 milliards de Roupies sur des activités diverses d'entretien permettait de réduire le coût des VOC d'environ 120 millions de Roupies.

Le recyclage à chaud est une technique relativement nouvelle au Pakistan qui a été introduite dans le plan annuel de Maintenance de l'année fiscale 2006-07. Cette technique a des avantages considérables en comparaison aux autres techniques traditionnelles. Les besoins en utilisation de matériaux de carrière (y compris agrégats et sable) ainsi qu'en bitume sont réduits. En plus d'être bénéfique à l'écologie, cette technique très rapide permet de traiter environ 1.5 km par jour par recyclage à chaud.

Pour les sections montagneuses des routes et autoroutes posant des problèmes d'orniérage dus au surcharges excessives des véhicules, des revêtements

renforcés ont été exécutés ce qui a eut un impact positif en réduisant la fréquence des dépenses de maintenance.

Du fait de l'adoption de techniques de maintenance améliorées, un autre succès de NHA est que les travaux nécessaires de réhabilitation et de reconstruction ont été réduits de façon suffisante.

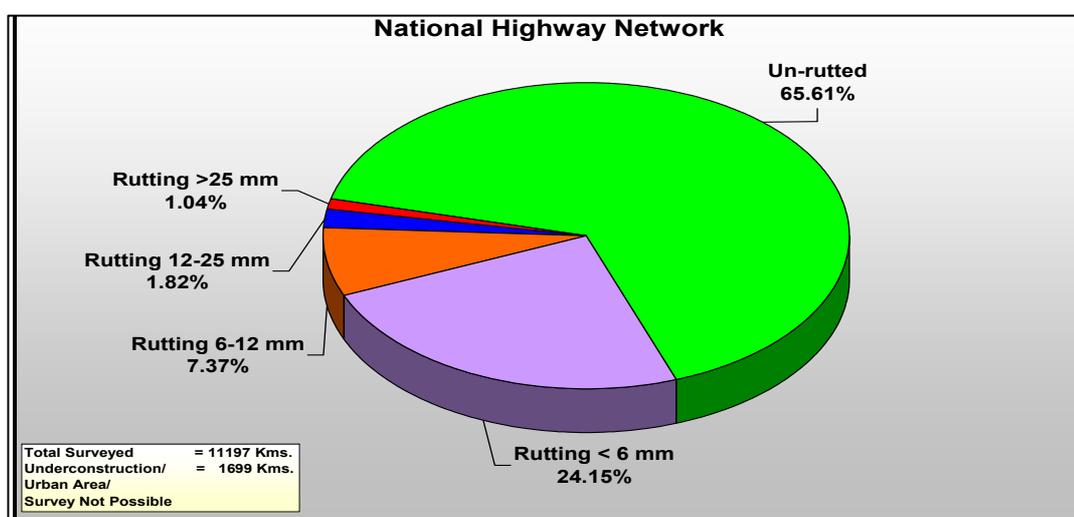
Il est anticipé que du fait du manque de financement, un retard d'entretien apparaîtra dans un laps de temps de 2 à 3 ans. Les besoins en maintenance des routes nationales et autoroutes sont assurés aux travers de différentes mesures périodiques et régulières telles que : entretien de routine, entretien périodique, réhabilitation, entretien d'urgence, améliorations de la géométrie des tracés, amélioration de la sécurité, gestion des voies de trafic, stabilité des pentes, etc.

7. État des Routes Existantes

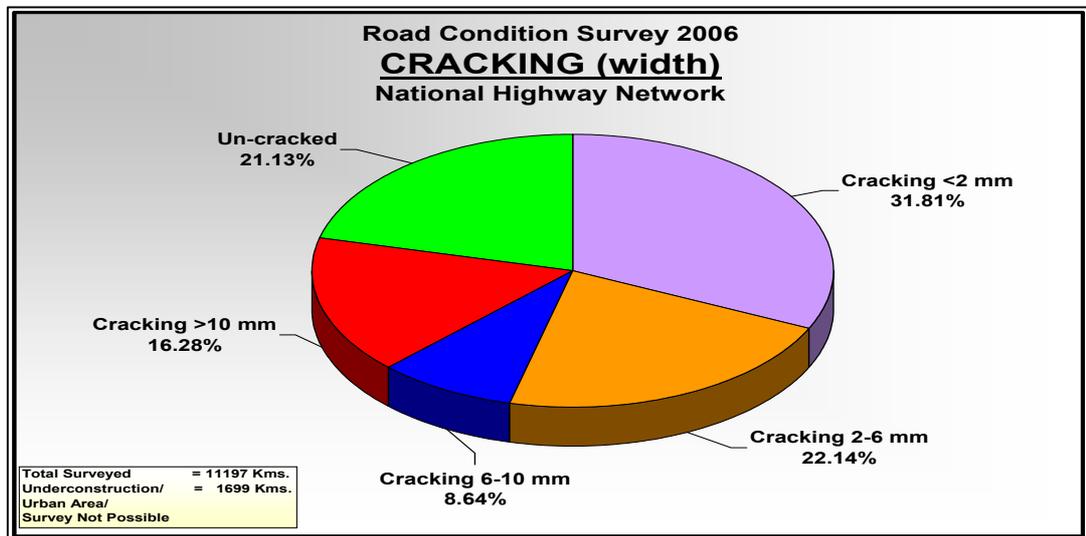
7.1 Analyse Stratégique du Réseau NHA

En 2006, une analyse stratégique de l'ensemble du réseau a été conduite de façon à définir les futurs besoins de financement pour l'entretien. Cette analyse a été faite en utilisant le programme d'analyse stratégique de "Highway Development and Management Tools, HDM-4, Version 1.3". Cet outil simule l'ensemble des conditions du cycle et des coûts afférents pour les différentes activités de réhabilitation et d'entretien, que ce soit pour une section particulière ou l'ensemble d'un réseau en fournissant des critères économiques autorisant la prise de décision. L'optimisation des programmes de dépenses pluri annuels dans le cadre des restrictions budgétaires est faite par l'utilisation de techniques de comparaisons "bénéfices/coûts" tels que fournis par le logiciel HDM-4.

A la suite de l'analyse des conditions routières réalisée cette année, 2294 km présentent une **profondeur d'orniérage** de moins de 6 mm soit 24% du réseau total, alors que 6232 km ne présentent pas d'orniérage ce qui est certainement un bon résultat.



L'analyse de la fissuration indique que 31.81% du réseau montre une **fissuration** inférieure à 2 mm, la fissuration maximum enregistrée étant de 10mm, pour environ 16% du réseau.

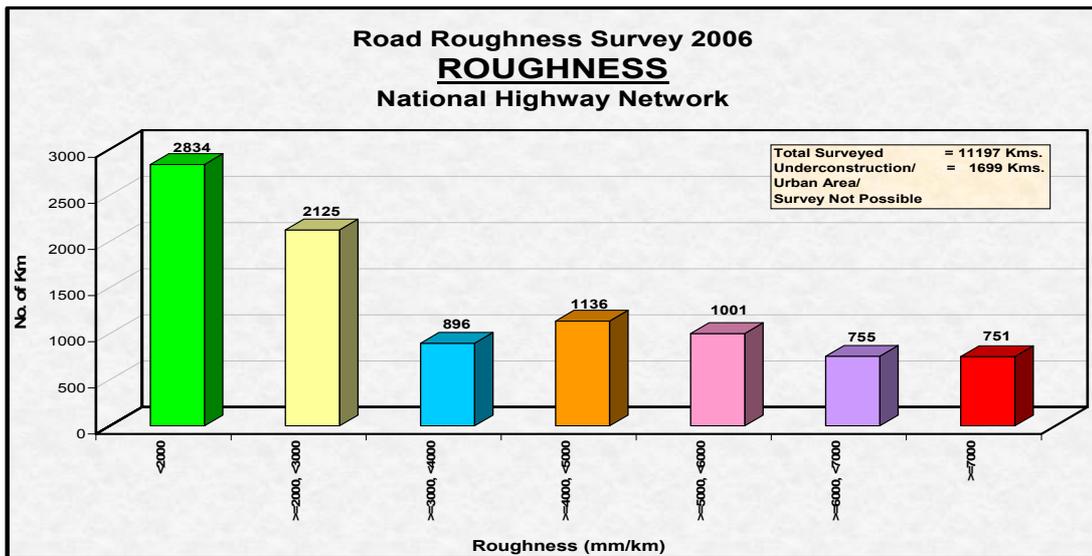
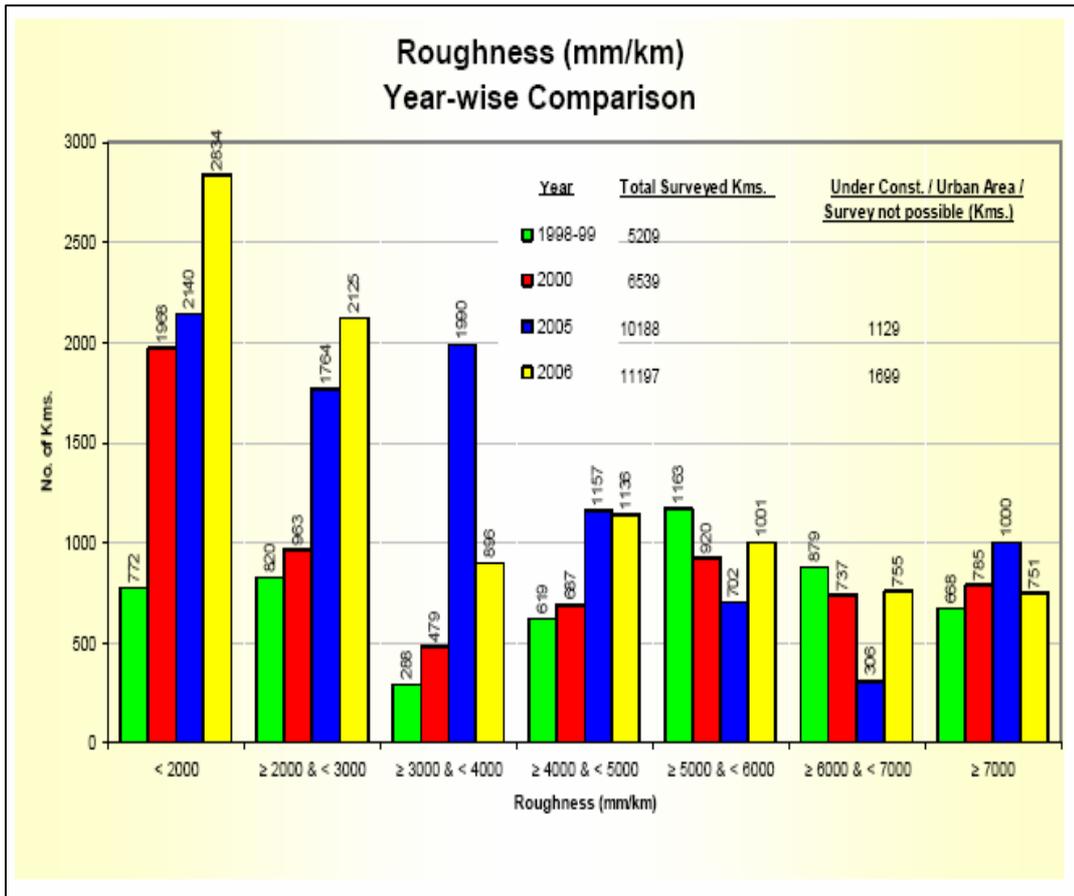


Le troisième facteur contribuant à la qualité du revêtement est la rugosité. L'examen annuel de rugosité conduit de Décembre 2005 à Mars 2006 montre que cette rugosité pour 76% du réseau varie entre 2 IRI et 5IRI.

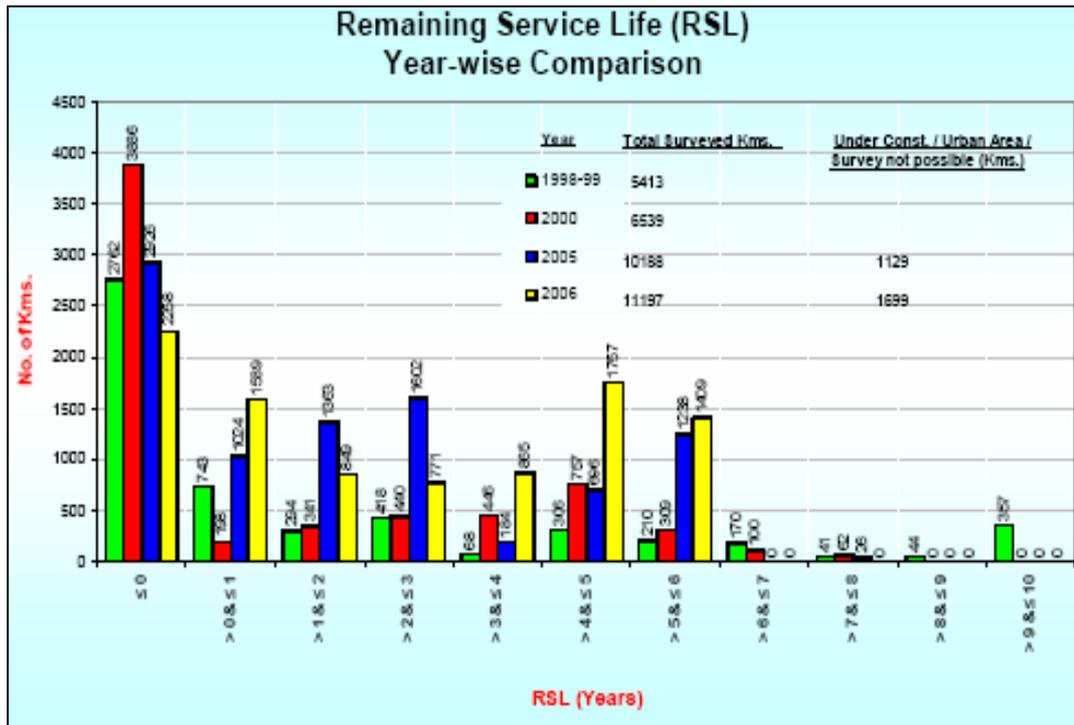
- (a) 52% du réseau revêtu est en bon état (2 à 3 IRI),
- (b) 22% est en état acceptable (3 à 5 IRI),
- (c) 18% est en condition médiocre (5 à 7 IRI).
- (d) 8% est en mauvaise condition (plus de 7 IRI).

La rugosité moyenne du réseau est de 4.7 IRI (9498 Km) comparée à une valeur de 10 en 2000 pour une longueur de réseau de 8039 km. Ceci est essentiellement dû au fait que ces 4 dernières années NHA a déplacé son attention plutôt vers l'enrobage périodique que la réhabilitation (i.e. enrobage fonctionnel et structurel), ce qui a contribué de façon significative à améliorer le réseau.

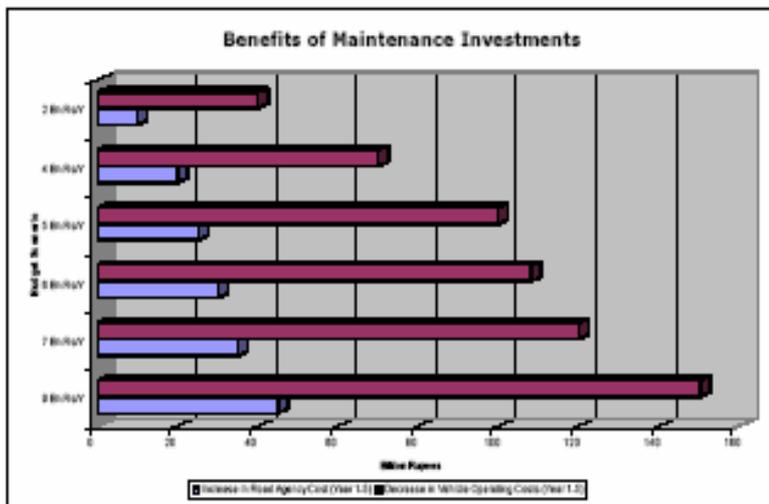
En addition à ceci, il est un fait que pendant l'inspection conduite l'an passé par NHA, les tronçons qui ont montrés une durée de service restante de Zéro (0) sont essentiellement les routes N-35, N-45, S-1, S-2 et la route de la vallée de Jhelum qui sont soit entretenues par FWO, soit ont été récemment transférées à NHA, soit enfin ont été affectées par le tremblement de terre de 2005, ce qui montre bien que les standards d'entretien adopté par NHA ont bien amélioré les conditions du réseau.



L'inspection actuelle a été conduite sur un réseau de 11 197 km et montre que sur 3845 km les routes sont en mauvais ou très mauvais état, ce qui représente 34% de la totalité du réseau. Cette inspection montre que l'année dernière les sections présentant une durée de vie restante (RSL) de Zéro (0) ont diminuées de 4.7%. De plus la tendance indique que grâce à la Maintenance Périodique (enrobage fonctionnel et structural), la durée de vie restante s'est améliorée montrant une distribution régulière des tendances du graphique RSL



Dans le cadre du budget alloué, l'amélioration des conditions des routes (Rs 10.5 Milliard/an sur les 5 premières années) est indiquée sur le graphique ci-contre. Compte tenu des critères d'intervention retenus, la rugosité doit être améliorée d'un niveau de 4.6 IRI à 3 IRI, et ce niveau est atteignable dans le futur si le budget annuel reste de Rs 10.5 Mi/an sur une moyenne de 5 ans.



8. Assurance Qualité:

Récemment, avec le financement de la Banque Mondiale, NHA a entrepris le développement d'un programme exhaustif de recherche concernant la méthodologie pour l'établissement de projets de routes sous la houlette du programme National de développement des routes. Il est anticipé que ce programme ait de profondes implications dans l'établissement des projets routiers ainsi que de leurs spécifications.

L'estimation des avoirs routiers du réseau Pakistanais est de Rs 2500 milliards et malheureusement la plupart de ces avoirs ont été perdus ou seront perdus sous la forme de fatigue et usure prématurée, d'orniérage dus à la progression rapide et la rigueur des attaques sur les enrobés. Actuellement les directives AASHTO sont utilisées au Pakistan pour l'établissement des structures des routes et la méthode MARSHALL est largement utilisée pour le design des enrobes et mélanges bitumineux.

NHA a beaucoup appris tant sur les réussites et défaillances des différents revêtements, c'est pourquoi un programme important et exhaustif de développement comportant de nombreux essais en laboratoires et tests routiers a été lancé pour à la fois garantir et produire des revêtements de longue durée, répondre aux conditions d'un climat chaud, résister aux lourdes charges par essieu, résister aux pressions importantes des pneumatiques, prendre en compte les caractéristiques des matériels locaux, etc.

NHA conduit également des tests sur des sections d'essais avec " Crumb Rubber, Hardened Bitumen of grade 40-50, and Polymer Modified Asphalt & Stone Mastic Asphalt (SMA)" afin d'évaluer et analyser leurs performances respectives en tenant compte du climat local, des matériels et des conditions de chargement.

8.1 Recherche et Développement dans le cadre du Réseau NHA

Les détails du programme de Recherche et Développement sont présentés ci-après. La Partie 1 (déjà engagée), sous l'assistance technique de la Banque Mondiale est spécifique dans un contexte de financement inadéquat. L'objectif général est de poursuivre le programme de R & D à l'intérieur de la structure même de NHA et pour cela un financement approprié doit être généré. La Partie 2 est également détaillée ci-après.

8.2 PARTIE- 1 (Objet)

NHA a l'intention de lancer un programme exhaustif d'étude des revêtements comportant de nombreux essais en laboratoires et tests routiers pour évoluer vers une définition des revêtements répondants aux conditions locales. Également de développer des enrobés (AC) et mélanges bitumineux à la fois

appropriés et économiques et ainsi augmenter la durée de vie et la qualité du réseau NHA et sa valeur pour l'économie Nationale.

8.3 Objectifs du Programme de Recherche

Tests de Laboratoires

Le but général des tests en laboratoire est d'évaluer la performance (en fonction de leurs caractéristiques) d'une série de différents mélanges bitumineux pour les structures routières et surfaces de roulement relativement à différentes teneurs en vides et en asphalte, avec les objectifs particuliers suivants :

(a) Évaluer la tendance à l'orniérage (caractéristiques de dilatation) des mélanges précédents en utilisant de façon répétitive des essais au cisaillement simple à hauteur constante (RSST-CH) selon la procédure présentée dans le document TRB # 940236 (Sousa-Solaimanian, 1994).

(b) Identifier et trier les mélanges ayant tendance à l'orniérage et identifier parmi les mélanges restants ceux qui résistent le mieux (un pour la surface de roulement et 3 pour la structure inférieure – chacun avec des agrégats provenant de 3 sources différentes)

(c) Sélectionner les combinaisons de teneur en vide et en asphalte des mélanges ainsi identifiés pour les tester in situ dans la phase de "Tests routiers."

(d) Développer des modèles de laboratoire pour évaluer la fatigabilité des mélanges sélectionnés en utilisant les équipements du test de fatigue SHRP en relation avec les résultats basés sur les spécifications applicables au Pakistan.

Les tests suivants ainsi que tous autres tests préconisés par les consultants en recherche seront réalisés sur les couches de roulements et couches de structure des mélanges bitumineux:

- (a) Cisaillement simple et Frequency Sweep Test
- (b) Uniaxial Strain et Test Volumétrique
- (c) Constant Height Repeated Shear Test
- (d) Asphalt Fatigue Test (bending beam and/or indirect tension)
- (e) Resilient Modulus Test

Les tests seront conduits en utilisant le système de test de cisaillement MTS CS7200 SHRP SUPERPAVETM

En plus des tests ci-dessus, tous les tests usuels tels que Marshall, pénétration, viscosité, etc. seront également réalisés.

8.4 Expérimentations et Tests Routiers

L'objectif général des tests routiers est d'étudier la structure et la réponse fonctionnelle d'une série de structures routières comprenant des couches d'épaisseur différentes placées sur des fondations de types variés sous l'action d'un trafic réel et dans la plage de températures existants au Pakistan.

Les objectifs spécifiques comprennent:

- (a) Évaluer la résistance à la fatigue des sections testées en vue de déterminer des facteurs équivalents pour les modèles développés en laboratoire (calibration).
- (b) Étudier la résistance à l'orniérage des sections routières testées afin d'établir des critères de résistance au travers de l'analyse des résultats.
- (c) Développer des facteurs de charge équivalente (LEF's) en utilisant les tensions radiales et charges de trafic recueillies lors des Tests Routiers.

Les sections utilisées pour les tests routiers seront construites en tant qu'élargissement de la route N-5 qui mène de Lahore à Gujranwala. Le nombre de sections testées est limité à 45 faisant chacune 91 m de long (300 feet) et séparées par des zones non expérimentales de transition de 9 m (30 feet), ainsi la longueur testée sera de 4.5 km

Les sections utilisées pour les tests routiers seront sujettes au trafic RÉEL, puisque tous les véhicules allant vers le sud feront partie de l'expérience. Sur la zone testée le trafic sud représente une moyenne d'au moins 2500 camions par jour comme l'a montré une enquête de charge par essieux.

- (a) La majorité de ces camions est raisonnablement en surcharge (bien que pas autant que dans d'autres régions du Pakistan) ce qui est souhaitable compte tenu de ce que NHA installe différents points de pesage le long de la route N-5 afin de faire respecter les charges limites – A noter qu'au Pakistan la charge limite par essieu est de 12 tonnes (26000 lbs)
- (b) Il faut estimer qu'au moins 2 à 3 millions d' ESAL's auront été pris en compte au bout d'une période de un an.

L'intention de ce modèle expérimental est de s'assurer qu'un nombre suffisant de sections testées s'avèrent déficientes dans la première année. La déficience étant déclarée dès que l'orniérage dépasse une profondeur de 1/2 inch et/ou quand la couche de roulement montre de la fissuration sur 25% de sa surface.

Les variables de l'étude comprennent :

- (a) Épaisseur de l'enrobe AC (5 niveaux)
- (b) Résistance de la subgrade (3 niveaux)
- (c) Formulation de l'AC base course (3 niveaux)

Le but est d'obtenir suffisamment d'informations en un an pour permettre dans un premier temps le développement de corrélations entre la formulation du revêtement, la défaillance (fissuration de plus de 25% et/ou orniérage supérieur à 1/2 inch), l'épaisseur de l'AC et la résistance de la fondation – quelque chose de similaire à la courbe de formulation de revêtement établie par l'Asphalt Institute.

8.5 PARTIE 2 (Proposition)

En continuation des efforts accomplis, les progrès futurs nécessitent la poursuite des recherches, en particulier dans le domaine de l'innovation et en prenant avantage des équipements dernier cri. Cela nécessite aussi que les connaissances existantes et nouvellement acquises relatives aux revêtements routiers dans le cadre de notre environnement soient bien mises en pratique afin de "Comblers le Fossé ". Le concept de "Comblers le Fossé" ne peut se développer que si NHA fourni un moyen institutionnel solide de Recherche et Développement. Il faut aussi que l'industrie montre une réelle volonté de mettre en pratique les nouvelles idées.

NHA s'efforce de développer au niveau national un centre de recherche en collaboration avec l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) qui accueillera des chercheurs venant de toutes les régions du Pakistan et leur fournira les moyens d'entreprendre des recherches dans le pays. Pour commencer, tous les efforts doivent se porter sur les revêtements, puis ces efforts se porteront sur l'environnement, la sécurité routière et tous autres sujets afférents ou liés à l'industrie routière. Par la suite, toutes les recherches relatives aux routes et ouvrages d'art seront incorporées à ce centre. Avec cet objectif, la création d'un centre de formation et de recherche routière (HR&TC) est déjà bien avancée.

Dans un proche futur, NHA et la prochaine mission de JICA formuleront le détail des activités opérationnelles et le planning du centre HR&TC. Ce centre HR & TC est envisagé comme étant un Centre d'Excellence dont le rôle sera de couvrir ou regrouper toutes les recherches routières entreprises dans le pays.

Un programme de recherche et développement soutenu par NHA garantira les avantages majeurs suivants

- La formulation d'un revêtement spécifique au Pakistan ainsi que les spécifications des matériaux pour le Pakistan,

- La formulation des futurs projets pourra être améliorée tout en gardant à l'esprit le phénomène de l'orniérage largement répandu sur nos routes,
- L'épaisseur de l'asphalte pourra être réduite de façon rationnelle pour les projets routiers futurs et ainsi de substantielles économies pourront être réalisées,
- Ainsi, des économies sont globalement possibles en termes de performance, et d'augmentation de la durée de vie de tous les projets futurs,
- En plus des avantages relatifs à une nouvelle formulation de revêtement, NHA contribuera à fournir des compétences de haute technicité dans le domaine de l'ingénierie routière

8.6 Objectifs d'un Programme Durable de R & D.

Permettre d'établir un Centre de Recherche et de Formation comprenant un laboratoire parfaitement équipé et organisé,

Regrouper les travaux innovants ou l'expérience acquise par l'ensemble des Consultants du Pakistan enregistrés auprès de NHA et des autres organisations du Gouvernement et fournir des références pour les travaux futurs,

Innovation et développement seront les objectifs. A cet effet, un programme durable de recherche sera mis en place pour améliorer nos routes. L'assistance du Laboratoire sera étendue aux sections testées sur le terrain. Les sections tests seront réalisées du sud au nord du pays et de préférence sur les nouveaux projets ou sur les projets de réhabilitation,

- Imaginer les spécifications d'un revêtement local ainsi que les spécifications du produit fini pour apporter une meilleure qualité à nos projets,
- Imaginer un manuel de conception pour les revêtements routiers au Pakistan,
- Assurer une coordination réelle et effective pour une meilleure représentation/participation des toutes les agences routières au Pakistan. Cela sera utile pour les transferts de technologie.
- Étendre la contribution de NHA aux universités. Les étudiants acquerront des compétences dans l'ingénierie routière. Ce professionnalisme ne pourra que bénéficier à NHA.
- Former le personnel d'encadrement de NHA et améliorer leurs connaissances en tant qu'ingénieurs routiers,
- Créer un centre de formation pour le personnel d'encadrement et les ingénieurs de NHA. Des workshops astucieux et des semaines de formations seront formulés dans ce contexte.

- Fournir l'expertise technique tant nationalement aux agences routières locales qu'internationalement à des pays comme l'Afghanistan, l'Iran et les pays du SAARC.

Le développement durable des routes ouvrira de nouveaux horizons à NHA qui deviendra une référence dans le Sud Est Asiatique ainsi que dans le monde. Les avantages de notre programme de recherche et développement auront des répercussions immenses. NHA étendra son support technique à d'autres pays du Sud Est Asiatique et sera bien meilleur marché en comparaison des services fournis par les états occidentaux.

9. Références

- 1.1 A Fact Book on Pakistan Transport (JAICA)
- 1.2 World Road Statistics 2006 (IRF-2006)
- 1.3 NHA Annual Maintenance Plan 2006-07
- 1.4 Pakistan Transport Plan Study (PTSP)
- 1.5 Pakistan Transport Policy
- 1.6 Transport Sector Plan 2006 (JAICA)