

EDITORIAL

Les routes rurales jouent un rôle fondamental dans le développement économique et social du monde rural. Elles facilitent l'accès aux services de santé et d'éducation, aux produits de première nécessité et aux équipements socio administratifs. Un grand nombre de pays en voie de développement sont appelés à investir des efforts importants pour améliorer ces réseaux afin de désenclaver les zones reculées et en particulier les zones de production agricole et augmenter la valeur des ressources naturelles locales.

L'entretien et la réhabilitation adéquats de ces routes rurales constituent une préoccupation permanente des gestionnaires de ces réseaux et nécessitent une stratégie de gestion et d'entretien, un financement approprié ainsi qu'une participation des usagers.



Face à ces enjeux, l'Association Marocaine Permanente des Congrès de la Route (AMPCR) et l'Association Nationale des Améliorations Foncières, de l'Irrigation et du Drainage (ANAFID) ont organisé à Rabat (Maroc) les 20 et 21 avril 2006, un séminaire international sur «L'entretien des routes rurales -enjeux et perspectives-».

Ce séminaire, organisé en collaboration avec l'Association Mondiale de la Route (AIPCR) et la Commission Internationale du Génie Rural (CIGR), a constitué une opportunité pour faire un état de l'art en matière de gestion, financement et de techniques relatifs à l'entretien de routes rurales.

Il a été également un forum d'échange d'expérience entre les membres de la communauté internationale et les participants à ce séminaire : les décideurs, les bailleurs de fonds, les ONG, les professionnels et les chercheurs.

La séance d'ouverture de ce séminaire a été marquée par le discours de Monsieur Le Secrétaire Général de l'Equipement qui a présidé cette séance au nom de Monsieur Karim GHELLAB, Ministre de l'Equipement et du Transport :

La séance d'ouverture a connu aussi les interventions suivantes :

Mr. HAMAOUÏ, Président Délégué de l'AMPCR
Mr. BEKKALI Président de l'ANAFIDE
Mr. CORTE Secrétaire Général de l'AIPCR.

Ce séminaire a connu la participation de plus de 180 personnes issues des 12 pays suivants :

Pays africains: Cameroun, Congo, Gabon, Mozambique, Sénégal, Togo, Tunisie et Maroc.

Pays Européens: Espagne, France, Royaume Uni.

Pays Asiatique: Vietnam.

Le séminaire a couvert les 4 thèmes suivants :

Thème 1: Rôle des routes rurales et enjeux de leur entretien

Thème 2: Techniques d'entretien des routes rurales

Thème 3: Gestion et financement des routes rurales

Thème 4: Aménagement intégré et routes rurales

Ce programme a été complété par une Visite technique de deux routes rurales dans la DPE de Sidi Kacem et du périmètre irrigué du Gharb.

Le séminaire a donné lieu à des débats animés et fructueux, au cours desquels chacun des participants a pu émettre des avis, réserves et critiques, demander des précisions sur la présentation.



A l'issue des travaux de cette rencontre, les recommandations suivantes ont été émises :

Thème n° 1: Rôle des routes rurales et enjeux de leur entretien :

- Assurer une large diffusion de la démarche adoptée au Maroc pour l'élaboration du PNRR2 accessibilité et approche participative afin d'évaluer le pourcentage réalisé de l'objectif escompté;
- Recueillir et diffuser les outils de suivi de la performance des routes rurales disponibles à travers le monde;
- Définir une approche de désenclavement des populations rurales étendue aux foyers dispersés ou de faible importance;
- Mettre en place des outils concrets qui assureront la

mobilisation des contributions financières des collectifs locaux pour un réel partenariat qui aidera à atteindre les objectifs escomptés en matière de pérennisation de désenclavement du monde rural ;

- Mettre en place, une stratégie de l'entretien des routes rurales en tenant compte des spécificités des différents régions et des différents collectivités locales (capacité financière, niveau d'encadrement,...).
- Encourager les différents partenaires à prendre en charge d'entretien des routes rurales et définir les outils de concrétisation des différents engagements ;
- Encourager l'intéressement et le développement de PME locale pour la réalisation des travaux d'entretien de faible importance.



Thème n° 2: Techniques d'entretien des routes rurales:

- Développer des techniques adaptées aux routes rurales tenant compte des spécificités locales (climat, trafic, matériaux);
- Introduire de nouvelles solutions, techniquement intéressantes et économiquement avantageuses, pour l'entretien des routes rurales, telles que la stabilisation des pistes en utilisant un liant, le retraitement en place;
- Engager des partenariats opérationnels avec le Ministère en charge de l'Agriculture, en vue d'introduire et d'apter les machines agricoles pour la réalisation des travaux d'entretien des pistes non revêtues;
- Encourager les techniques d'entretien à haute intensité de Main d'œuvre (HIMO);
- Promouvoir l'utilisation des matériaux locaux peu performants dans les travaux d'entretien des routes rurales;
- Encourager le revêtement des pistes agricoles structurantes afin de prolonger leur durée de vie et réduire le coût de leur entretien.



Thème 3: Gestion et financement des routes rurales :

- Encourager le partenariat public- privé notamment dans le domaine de l'externalisation de l'entretien routier courant ;
- Développer la concertation avec les usagers et favoriser la participation des bénéficiaires dans les projets d'entretien et de gestion des routes rurales ;
- Renforcer toutes les formes de partenariat entre les acteurs de développement rural, notamment dans le domaine de la gestion, de l'entretien et du financement des routes rurales ;
- Poursuivre le soutien financier et institutionnel des bailleurs de fonds pour un développement intégré du monde rural ;
- Explorer et diversifier les différentes sources de financement.

Thème 4 : Aménagement intégré des routes rurales :

- Accompagner des projets de développement agricole et rural par la réalisation des routes rurales ;
- Développer les structures GIE (groupement d'intérêt économique) pour la maîtrise d'œuvre des aménagements intégrés ;
- Encourager la concertation entre les différents secteurs dans la programmation des aménagements au profit du monde rural ;
- Prendre en compte les spécialités et les contraintes de développement intégré des zones rurales défavorisées en vue de leur promotion.

Le présent numéro de la revue «HTE» reprend les articles présentés dans ce séminaire relatifs aux thèmes I et II. Ceux des autres thèmes font l'objet du numéro suivant (HTE N° 135)

Dans le cadre de l'ANAFIDE, ce séminaire a été organisé par le comité technique: «Infrastructures et Développement Rural» coordonné par Mr El Houssine Bartali.

*Mr Abdellah BEKKALI
Président de l'ANAFIDE*

VALORISATION DES SCORIES D'ACIERIE ELECTRIQUE POUR L'ENTRETIEN DES ROUTES RURALES

M. Afechkar¹, Elgharbi² & R. Znaidi³

I. INTRODUCTION

La construction et la maintenance routière nécessitent des quantités énormes de granulats. Le caractère assez restrictif des spécifications routières fait que seules certaines catégories de matériaux sont couramment utilisées tels que les alluvions des oueds et les matériaux provenant des roches massives. La raréfaction des matériaux routiers qui frappe de plus en plus plusieurs régions du Maroc (la région de Doukkala Abda par exemple), le renchérissement des transports et la prise en compte des problèmes d'environnement incitent l'Administration, entreprises, laboratoires et tous les organismes techniques à rechercher des palliatifs, notamment en faisant appel aux techniques permettant de valoriser les matériaux disponibles localement ou ceux provenant de source industrielle comme est le cas des scories d'aciérie électrique.

Les scories d'aciérie électrique sont des granulats obtenus par refroidissement des produits liquides générés par la fusion des mitrilles d'aciers dans le four électrique à arc et soumis à un concassage et à un criblage.

La présente étude exhorte à profiter de l'ouverture d'une aciérie électrique à arc (SONASID) à Jorf Lasfar, pour d'une part faire connaître ce matériau au sein de la communauté routière et d'autre part examiner sa valorisation dans le domaine routier au niveau de la région Doukkala Abda. Aussi, il y a lieu de noter que la valorisation de ces résidus industriels est en plein développement partout dans le monde et notamment aux USA, au Canada, au Luxembourg... Une étude de caractérisation de ces scories est en cours de réalisation au CNER dans le cadre d'une convention passée avec la société SONASID.

La présente communication trace les premiers résultats de cette étude ainsi que des éléments obtenus à travers une recherche bibliographiques relative à ces matériaux.

II. DEFINITION ET COMPOSITION

Définition

Les scories de four électrique sont des produits secondaires qui se forment lors de la fabrication d'acier à partir de ferraille. En raison du procédé de production

utilisé, ces scories ne sont pas seulement riches en fer, mais aussi en chaux. Avant de faire fondre la ferraille dans un four à arc électrique, on lui ajoute en effet du calcaire pour fixer les éléments indésirables en présence, tels que le silicium, l'aluminium et le phosphore. Outre l'acier, on obtient ainsi des scories denses d'un gris foncé, qui sont plus lourdes que la pierre naturelle en raison de leur teneur en fer.

Présentant d'excellentes qualités pour la construction et coûtant relativement moins que le gravier naturel, le laitier de four électrique est un matériau de substitution très apprécié. La valorisation de ce produit secondaire de l'électrometallurgie s'avère très judicieuse.

Composition chimique :

La composition chimique des scories est habituellement exprimée en termes d'oxydes simples calculés à partir de l'analyse élémentaire déterminée par la fluorescence de rayon X.

Le tableau suivant énumère la gamme des composés actuels dans les scories d'aciérie d'un four à arc (États-Unis).

Constituant	Composition (%)
Oxyde de calcium CaO	40 - 52
Anhydride silicique SiO ₂	10 - 19
Oxydes de fer FeO	10 - 40 (70 - 80% FeO, 20 - 30% Fe ₂ O ₃)
Oxyde de manganèse MnO	5 - 8
Oxyde de magnésium MgO	5 - 10
Oxyde d'aluminium Al ₂ O ₃	1 - 3
P ₂ O ₅	0.5 - 2
Soufre S	< 0.1
Fer métallique	0.5 - 10
CaO libre	< 1

Tableau Composition chimique type de scories EAF⁴

Dans les autres expérimentations faites dans d'autres pays, pratiquement toutes les scories d'aciérie de four à arc font partie de ces marges chimiques.

1. Chef du service recherche au Centre National d'Etudes et de Recherches Routières

2. Direction Provinciale de l'Equipement d'ELJADIDA

3. Ingénieur Développement – SONASID

4. "Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction". USA

Les proportions relatives de ces composés dépendent fortement du taux de refroidissement de scories.

La forme minéralogique des scories a aussi de l'importance. Elle dépend aussi du taux de refroidissement.

III. ESSAIS D'IDENTIFICATION DES SCORIES (EAF)

Les essais d'identification qui ont été réalisés au laboratoire du CNER sont :

1. Granulométrie

La courbe granulométrique est comme suit :

2. Masse volumique

La masse volumique apparente (MVA) peut varier de 3.7-4.0 kg/dm³. Ce granulat est 30% plus lourd qu'une pierre naturelle dure. Le résultat trouvé au laboratoire du CNER est de 3.685 g/cm³

3. Essai de Valeur au bleu de méthylène

Cet essai permet de mesurer la capacité des éléments fins à adsorber du bleu de méthylène.

Le bleu de méthylène étant adsorbé préférentiellement par les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer, cette capacité rend compte globalement de l'activité de surface de ces éléments.

La valeur au bleu des scories testées est inférieure à 0,1 donc le pas des fines argileuses nocives.

4. Essai Los Angeles

L'essai permet de mesurer les résistances combinées à la fragmentation par chocs de boules normalisées et à l'usure par frottements réciproques des machine Los Angeles.

Il s'applique généralement pour caractériser les granulats utilisés par la construction des assises de chaussée, y compris la couche de roulement.

Le coefficient L.A représente la proportion d'éléments inférieurs à 1.6mm produits pendant l'essai. Plus le coefficient L.A est faible, meilleure est la résistance à la fragmentation.

Le résultat de cet essai sur l'échantillon de scories étudié est :

LA1	31.9
LA2	32.4

Le coefficient LA obtenu est alors de 32%

5. Essai Micro-Deval en présence d'Eau

Cet essai permet d'apprécier la résistance à l'usure des granulats. Le coefficient MDE représente la proportion d'éléments inférieurs à 1.6mm produits pendant l'essai par les frottements réciproques des granulats et les chocs par des billes normalisées. Plus le coefficient MDE est faible, meilleure est la résistance à l'usure.

Résultats :

N° d'échantillon	1	2	3
Coefficient MDE en %	12	13,4	13,4

Cela donne un MDE de l'ordre de 13 %

6. Essai de dégradabilité

Le coefficient de dégradabilité est un paramètre représentatif du comportement de certains matériaux rocheux se traduisant par une évolution continue de leurs caractéristiques géotechniques (granularité, argilosité, plasticité...) par rapport à celles observées immédiatement après leur extraction. Cette évolution est imputable à l'action combinée des agents climatiques ou hydrogéologiques (gel, cycles imbibitionséchage) et des contraintes mécaniques subies. Elle conduit dans le cas des matériaux rocheux considérés comme dégradables à une réduction plus ou moins importante et ininterrompue des caractéristiques mécaniques et géométriques des ouvrages dans lesquels ils sont utilisés.

De plus, le coefficient de dégradabilité est un des paramètres d'identification retenu, par le Guide Marocain des Terrassements Routiers (GMTR) dans la classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de formes d'infrastructures routières.

L'essai consiste à déterminer la réduction du D10 d'un échantillon de granularité d/D donnée soumis à quatre cycles imbibition-séchage conventionnels.

Cette réduction s'exprime par le rapport :

$$DG = \frac{D10 \text{ du matériau avant le 1er cycle}}{D10 \text{ du matériau après le 4}^{\text{ème}} \text{ cycle}}$$

Ce rapport DG est le coefficient de dégradabilité du matériau.

Les scories ont donc un DG de 1 (D'après GMTR, on dit qu'un matériau est peu dégradable quand $DG \leq 5$).

7. Essai de fragmentabilité

Le coefficient de fragmentabilité constitue un des paramètres représentatifs du comportement de certains matériaux rocheux se traduisant par une évolution continue de leur granularité depuis leur extraction jusqu'au terme de leur mise en œuvre et qui, pour quelques un d'entre eux, se poursuit encore durant la vie des ouvrages. Cette évolution est imputable à une résistance structurelle de la roche insuffisante vis à vis des sollicitations mécaniques appliquées lors de la mise en œuvre et dans l'ouvrage en service.

Comme le coefficient de dégradabilité, ce coefficient est un des paramètres d'identification retenu, par le GMTR, dans la classification des matériaux utilisables dans la

construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières.

Cet essai consiste à déterminer la réduction du D10 d'un échantillon de granularité d/D donnée soumis à un pilonnage conventionnel.

Cette réduction s'exprime par le rapport :

$$FR = \frac{D10 \text{ du matériau avant pilonnage}}{D10 \text{ du matériau après pilonnage}}$$

Ce rapport (FR) est le coefficient de fragmentabilité du matériau.

Le coefficient de fragmentabilité trouvé pour les scories étudiées est $FR = 2.3$ (D'après le GMTR, on dit qu'un matériau est peu fragmentable quand $FR \leq 7$).

8. Essai de gonflement

Le but de cet essai est d'évaluer la tendance des scories à augmenter de volume à court terme.

Après compactage, les éprouvettes confectionnées dans des moules CBR à une teneur en eau de 5.5% ont été soumises à une immersion dans l'eau pendant 6 semaines. Aucune variation volumétrique n'a été constatée, le gonflement des scories est quasiment nul.

Ces éprouvettes, ayant subi une immersion dans l'eau de 6 semaines ont été par la suite poinçonnées, et leurs CBR est donc de 35%.

Analyse des résultats

Granulométrie :

La courbe granulométrique des éléments de scories, effectuée sur les dimensions inférieures à 40 mm, a une allure presque parabolique vers les petits diamètres et pour les diamètres dépassant 5 mm elle est presque une droite.

Globalement, la granularité est continue, présentant toutes les classes granulaires, sauf pour le cas des fines qui ne dépassent pas 0,3 % (quantité très faible surtout si on considère l'utilisation des scories en fraction sableuse pour des mélanges liés).

L'analyse granulométrique n'étant faite que pour simple identification de l'état des scories brutes, elle ne pose pas de problème particulier dans le sens où les scories peuvent aisément être traitées par concassage pour répondre aux exigences dictées par les spécifications en vigueur.

Masse volumique

La MVR du matériau de Akreuch est : 2.573 g/cm³.

La MVR du matériau d'Oued Nfiss est : 2.468 g/cm³.

Les scories sont plus lourdes que des matériaux des carrières d'oued de Akreuch d'environ 43% et des matériaux de Oued Neffiss d'environ 49%.

Dureté :

Quant à la dureté, le Los Angles de 32% qualifie les matériaux de dureté moyenne.

On a remarqué la dispersion des valeurs Los Angles obtenues dans les différentes recherches consultées. Cette variabilité peut être expliquée par la variation de la teneur en matières qui confèrent aux scories leur qualité de dureté et notamment le magnésium et la silice.

Origine des scories	Dureté Los Angles en %
Etats-Unis ⁵	20 - 25
Luxembourg ⁶	9,1
Québec ⁷	21
Australie ⁸	36.4

Micro Deval sous eau

Concernant le coefficient Micro-Deval humide de 13 %, il peut être confirmé que ce coefficient Micro-Deval humide bas indique la haute résistance des scories de fours électriques à l'abrasion.

Origine des scories	Micro-Deval sous eau en %
Luxembourg	4,6
Québec	8

Dégradabilité et fragmentabilité :

Le résultat du test de fragmentabilité (FR = 2,3) montre que la résistance structurelle des scories vis à vis des sollicitations et charges mécaniques et très élevée.

Ces sollicitations peuvent avoir lieu lors de la mise en œuvre ou après mise en service de l'ouvrage.

Ce coefficient s'avère particulièrement important lors de l'évaluation du matériau en vue de son utilisation dans les terrassements. Dans cette optique, on peut dire que les scories, grâce à cette grande résistance s'inscrivent parmi les roches de remblais les plus dures (schistes sédimentaires durs).

5. "Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction".

6. «Expertise concernant l'utilisation de scories de fours électriques dans la construction routière », Luxembourg

7. « Bulletin d'information technique sur l'utilisation des scories d'aciérie dans les chaussées », Québec

8. Chiffres du Sydney Steel Corporation, Australie

L'essai de dégradabilité donne un résultat encore plus important, avec un coefficient DG = 1, les scories se montrent capable de résister avec excellence aux différents agents climatiques ou hydrogéologiques subies tout au long de la durée de vie de l'ouvrage.

Il faut toujours se rappeler qu'il y a un autre phénomène capable de briser cette inaltérabilité, qui est l'instabilité dimensionnelle due, bien entendu, à la présence de chaux non mûrie.

Grâce à ces qualités probablement associées à d'autres avantages, le problème de gonflement étant traité, on peut dire que les scories peuvent être expérimentées avec optimisme dans les travaux de terrassements.

Propreté :

L'IP non mesurable, la valeur au bleu est inférieure à 0.1 et le faible pourcentage des fines (inférieures à 80 µm), toutes ces considérations font des scories un matériau propre qui ne contient pas des fines argileuses.

IV. STABILITE DES SCORIES

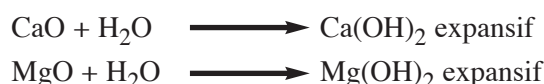
Malgré leur pauvre teneur en fines et d'éléments argileux, généralement responsables dans des conditions humides de l'augmentation de volume de certains agrégats, l'instabilité des scories d'aciérie est due à une réaction d'un autre type.

Les causes de l'instabilité volumique des scories électriques se trouvent dans la présence de CaO (chaux libre) et de MgO (magnésie libre).

En fait, les oxydes de calcium et de magnésium contenus dans les scories ont tendance à s'hydrater et à se transformer en hydroxydes de calcium Ca(OH)₂ et de magnésium Mg(OH)₂. Cette réaction chimique entraîne une augmentation de volume des oxydes de l'ordre de 5 à 10 % dans le cas du Ca(OH)₂ et de plus de 100 % dans celui du Mg(OH)₂. Ces augmentations de volume peuvent provoquer des changements appréciables de la surface ou de la fondation d'une chaussée.

En fait, ces oxydes ne montrent pas toujours la même tendance à hydrater, les grains ne gonflent donc pas à la même cadence. C'est quand les oxydes de calcium et de magnésium n'ont pas réagi avec les structures de silicate qu'ils peuvent s'hydrater et augmenter de volume en présence d'un environnement humide.

Les équations d'hydratation des oxydes de calcium et de magnésium sont du type :



L'hydratation de la chaux libre s'accompagne d'une augmentation de "volume solide", d'où une expansion. Ce phénomène s'explique par une modification de la structure cristalline, la masse molaire augmente (de 56 g pour CaO à 74g pour Ca(OH)₂), alors que la masse volumique réelle du solide diminue (de 3.2 à 3.4 g/cm³ pour CaO à (2.2 à 2.4 g/cm³) pour Ca(OH)₂).

C'est pourquoi cette problématique a incité à rechercher des solutions d'amélioration de la stabilité des scories d'aciérie dont, entre autres, le traitement des scories liquides au moyen de sable siliceux (application déjà industrielle en Allemagne) ou au moyen de grésil de verre (expérimentation en Belgique).

Mais la solution la plus adoptée dans les pays producteurs des scories, et qui se trouve être la plus économique aussi, est le mûrissement.

En effet, pour que le gonflement des scories se fasse avant leur utilisation, il faut les laisser mûrir par hydratation. L'hydratation peut se faire de façon naturelle en exposant les stocks de matériaux aux intempéries pendant plusieurs mois ou en les arrosant de manière à accélérer le processus d'hydratation.

Il y'a lieu de signaler que le concassage subséquent des scories expose des minéraux non hydratés et nécessite une période supplémentaire de mûrissement.

Il faut noter aussi qu'il y a une grande variation dans le temps requis pour l'exposition des différents éléments qui composent les scories. Jusqu'à 18 mois peuvent être nécessaires pour hydrater les oxydes expansibles.

Des tests de détermination de teneur en CaO et MgO libre sont fait afin d'évaluer la tendance au gonflement future des échantillons de scories.

En Belgique, des recherches ont donné lieu à une sorte d'indice d'instabilité basé sur :

- la teneur en chaux libre totale, prépondérante dans les scories,
- et sur la dimension granulométrique moyenne

$$i = \frac{\% \text{Cao}}{D_{50}^3} \cdot 10^3 \quad [6]$$

Cet indice ne doit pas excéder 2 selon l'utilisation.

L'introduction du paramètre granulométrie est due à la constatation que les éléments grossiers atteignent très lentement le stade d'hydratation.

La Belgique et les Pays-Bas limitent la teneur en chaux libre des scories utilisées pour des applications granulaires à 4.5 pour cent et exigent que le matériau traité ait survécu au moins 1 an pour limiter l'instabilité de volume.

6. A.VERHASSELT, «Sous-produits industriels pour la réalisation de mélanges liés de fondation : laitiers de haut fourneau concassés, scories LD et cendres volantes » ; Centre de Recherches Routières, Bruxelles, 1991.

V. RESSOURCES GRANULAIRES DANS LA REGION DE ABDA DOUKKAAL

L'ouverture d'une aciérie électrique à arc (SONASID) à Jorf Lasfar, offre une opportunité attrayante pour d'une part faire connaître ce matériau au sein de la communauté routière et d'autre part examiner sa valorisation dans le domaine routier au niveau de cette région qui connaît des difficultés d'approvisionnement en granulats routiers.

Jorf Lasfar, situé à 25 Km au sud d'El Jadida, constitue quant à lui un des pôles industriels les plus importants à l'échelle nationale, disposant d'un parc industriel d'une superficie de 440 hectares, d'un port, une gare des chemins de fer, (projet d'autoroute), des routes le reliant à El Jadida, Casablanca, Safi et Marrakech, la plus grande centrale thermique du Maroc. Bref, Jorf Lasfar est une petite ville en développement continue.

Province de Safi :

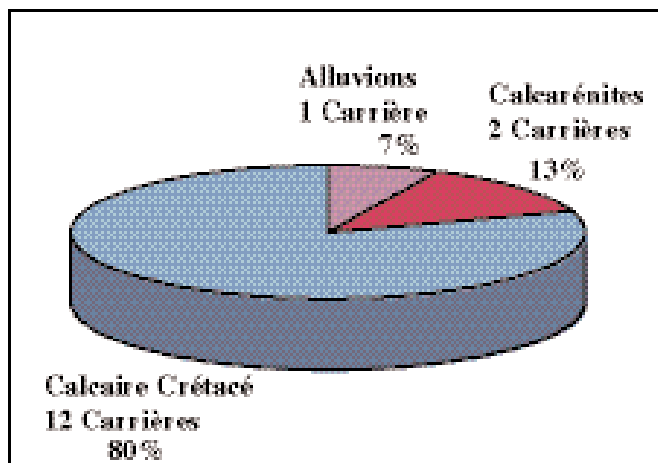
Safi est une ville importante de la région de Abda Doukkaal, de par son potentiel socio-économique, en perpétuel développement, basé pour l'essentiel sur le tourisme, l'artisanat et l'industrie phosphatière.

Dans cette région, le réseau revêtu constituait selon les chiffres de 2004 environ 2,9% du total des routes revêtues au Maroc (2004).

Selon l'inventaire des carrières de la région fait par la Direction Régionale des Travaux Publics de l'ancienne région de Tensift et le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE), les formations exploitées appartiennent à quatre grands groupes :

- Alluvions et sables alluvionnaires
- Calcaires et marno-calcaires
- Calcarénites
- Microgranites

La répartition des matériaux dans la province de Safi se présentent, d'après le même inventaire, voir Graphe ci-après:



Répartition des carrières par formation géologique dans la province de Safi

Globalement, l'inventaire a fait ressortir une insuffisance en qualité et en quantité pour des usages futures au niveau des infrastructures routières Province d'El Jadida :

La province d'El Jadida fait partie de la région Doukkala-Abda, sa superficie est de 6.000 kilomètres carrés. Le réseau routier est constitué de près de 2.060 kilomètres de routes dont 1.757 kilomètres revêtues, en plus d'un projet d'axe autoroutier reliant Jorf Lasfar à Casablanca.

Les carrières fonctionnelles au niveau de la province d'El Jadida sont récapitulées dans le tableau ci après :

Ces données reflètent clairement la situation de l'exploitation de matériaux de construction dans la région de Doukkala :

- La rareté de carrières ne rime ni avec le niveau de développement dans la zone ni avec la superficie routière totale à construire (selon le programme national de routes rurales, on projette la construction de quelques 504 Km à El Jadida)

Nom de la carrière	Situation	Superficie	Nature de la roche	caractéristiques d'identification			
				densité T/m ³	porosité %	L.A %	MDE %
BRO-BTP	commune Sidi Abed a 35 Km d'El Jadida	14 Ha	calcaire	22.5	5.8	32	26
Ben Yeffou	commune Gharbia à 90 Km d'El Jadida	20 Ha	calcaire	2.56	2.1	22	27
TRACTRA	commune Sidi Ali Benhamdouch à 20 Km d'El Jadida	4 Ha	calcaire quartzitique (alluvions d'Oued Oum Errabia)	2.63	0.3 à 1.3	20 à 24	11 à 13

Tableau - Fiche des carrières dans la zone d'El Jadida

- Les matériaux disponibles ne sont pas d'une qualité remarquable, (ex : les calcaires des deux premières carrières sont à proscrire - d'après leurs caractéristiques - pour certains usages comme les revêtements traités aux liants hydrocarbonés) La région est donc loin de présenter une autosuffisance en matière de granulats pour la construction et la maintenance routière. Cela fait de l'idée de substitution par de produits industriels, les scories en l'occurrence, une alternative attrayante.

VI. CONCLUSION

Les premiers résultats des essais menés sur les scories d'aciérie ont montré qu'ils détiennent des performances importantes et des caractéristiques intrinsèques excellentes qui peuvent militer pour leur introduction comme matériaux routiers. Le suivi adéquat de leur mûrissement afin d'assurer l'hydratation de la chaux libre (CaO) et de l'oxyde de magnésium (MgO) devrait favoriser leur utilisation dans les chaussées, une fois leur stabilité est achevée.

Ces granulats peuvent être avantageusement employés dans les régions déficitaires en matériaux granulaires de bonnes qualités. De plus, leur masse volumique plus importante que celle d'un granulat naturel permet aussi leur utilisation en masque, éperons drainants ou en protection de berges.

Les essais de laboratoire doivent être multipliés sur d'autres échantillons de scories produits localement c'est-à-dire à l'unité de Jarf Lasfar afin de juger de leurs qualités et d'étudier les différentes possibilités de leur valorisation.

Vu leur composition chimique et leur richesse en chaux libre, la voie du développement d'un liant hydraulique routier, à base de scories d'aciérie électrique, pourrait paraître prometteuse et mériter une exploration attentive par des études de recherche.

LES PISTES RURALES EN TUNISIE

SITUATION ACTUELLES ET PERSPECTIVES

A. Boutouta¹

Résumé

En Tunisie les pistes agricoles jouent, non seulement, un rôle économique dans le sens que ces pistes ont un effet décisif sur les coûts, la productivité, et la qualité du produit agricole final, mais aussi un rôle social dans la mesure où les pistes ont une influence directe sur la vie quotidienne de la population rurale, dans le sens où elles facilitent l'accès aux équipements et aménagements collectifs (écoles, centres de santé de base etc.). Malgré les efforts et les mesures mis en place par l'Etat pour le développement et la création des pistes rurales, plusieurs zones dans notre pays restent encore enclavées. Parmi ces mesures, la programmation et le financement de la création des pistes rurales, en collaboration avec plusieurs intervenants dans les secteurs agricoles et l'aménagement de territoire, et ce dans le cadre des projets de développement rural intégré ainsi que dans le cadre de la coopération internationale. En effet, le projet de création de 500 km de pistes agricoles dans les périmètres publics irrigués programmé ces dernières années compte parmi les actions majeurs établies par l'Etat dans ce domaine. En Tunisie le choix des pistes agricoles se fait par implication du Ministère de l'agriculture et des Ressources Hydrauliques or que leur exécution est assurée par le Ministère de l'équipement et de l'Aménagement de territoire.

Mots clef : Pistes rurales en Tunisie, situation des pistes, perspectives, Aspect institutionnel des pistes, projet de pistes...

Abstract

In Tunisia rural roads play not only an economical role in the sense that these rural roads have a decisive effect in costs, productivity, and quality of the final agricultural product, but also a social role as far as they have a direct influence on the daily life of the rural population where they facilitate access to the equipments and collective organizations (schools, centres of basic health etc.). In spite of efforts and measures set up by the State for the development and the creation of rural roads, several zones in our country remain still enclosed. Among these measures the programming and the financing of the creation of the rural tracks in association with several speakers in farming sectors and the organization of territory and it within the framework of the projects of integrated rural development as well as within the framework of the international cooperation. The choice of the agricultural tracks is done by implication of the Ministry of Agriculture and Hydraulic Resources but their execution is assured by the Ministry of the equipment and the Organization of territory.

INTRODUCTION

Le secteur de l'agriculture et de la pêche occupe une place de choix au niveau économique et social avec une participation à hauteur de 14,5% dans le produit intérieur brut, 10% dans les exportations et 14 % dans les investissements, en plus de la garantie de l'emploi à 22 % de la population active.

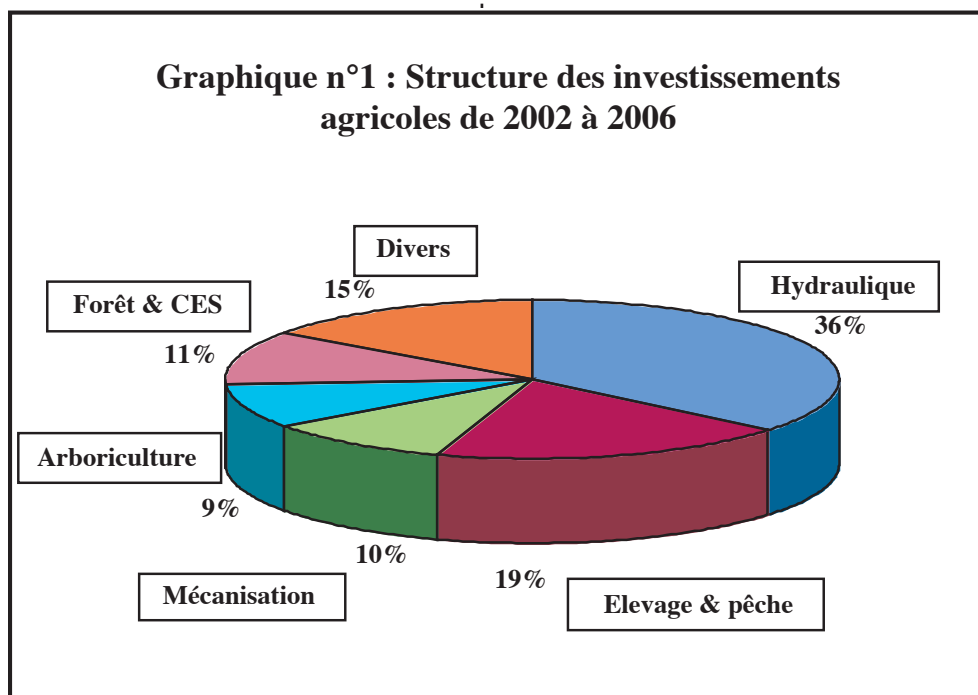
Les variations cycliques de la production, très prononcées durant la période du VII^e et VIII^e Plans, semblent laisser la place à une croissance plus régulière durant le IX^e Plan (1997-2001) et ce malgré les difficultés rencontrées par le secteur au cours des années 1997, 2000 et 2001. En effet, à l'exception de la céréaliculture qui reste tributaire des conditions climatiques la majorité des activités agricoles est parvenue à réaliser des performances positives. Un secteur agricole moins tributaire des risques climatiques s'avère enfin un objectif envisageable à la lumière des résultats du X^e Plan (2002-2006).

Les superficies irrigables couvrent 400 000 hectares en 2004 soit 8% des terres labourables et ont accusé une croissance annuelle moyenne continue de l'ordre de 3% depuis 1987. En d'autres termes les superficies équipées en périmètres irrigués ont connu depuis 1987 un accroissement moyen dépassant 8000 ha par an. Depuis 1996 cette croissance fléchit mais demeure perceptible avec des superficies irrigables additionnelles de l'ordre de 3000 ha annuellement. Cette tendance témoigne de l'effort conjoint des autorités publiques et des promoteurs privés dans la mobilisation des ressources hydriques et l'adaptation des techniques d'économie d'eau.

L'importance accordée à la mobilisation des eaux en Tunisie est facilement perceptible à travers le montant des investissements accordés à ce secteur et à travers les taux de mobilisation des eaux réalisés. Le graphique n°1 montre la place allouée à l'hydraulique qui représente 36% des investissements agricoles des trois derniers plans de développement économique et social ce qui reflète aussi les préoccupations publiques de rendre l'agriculture moins dépendante des conditions climatiques et de valoriser au mieux les ressources du pays.

1. Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux, Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques
30, Rue Alain Savary Belvédère 1001-Tunis, a_Boutouta@Tunisie.zzn.com

Graphique n°1 : Structure des investissements agricoles de 2002 à 2006



Sources : X^{ème} Plans de développement économique et social, MARH

La réhabilitation des périmètres irrigués et l'aménagement de l'infrastructure hydraulique et routière contribueront à l'amélioration du taux d'intensification et à la valorisation de la totalité des ressources hydrauliques mobilisées.

SITUATION ACTUELLE DES PISTES RURALES EN TUNISIE

D'après les derniers recensements (Patrimoine, Budget et Entretien Routier) réalisés par le Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire (MEAT), le linéaire des pistes rurales s'élève à 53000 Km (sans compter les pistes à l'intérieur des périmètres irrigués et des clairières forestières qui sont de l'ordre de 11000 Km).

Les pistes d'intérêt local qui représentent la part la plus importante du réseau sont à la charge du MEAT.

La réalisation et l'entretien des pistes forestières et dans les périmètres irrigués sont à la charge du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques (MARH) en collaboration avec les services régionaux. Les recensements de MARH effectués ces dernières années font ressortir qu'actuellement les pistes ne sont pas utilisées seulement pour accéder aux exploitations agricoles, elles desservent également les équipements socio-collectifs et facilitent notamment la commercialisation et l'approvisionnement, et ce, d'une façon quasi-régulière puisque la fréquence d'utilisation de la piste pour les différents fonctions est 88%. Par ailleurs, les recensements relèvent que c'est la vocation économique de la piste qui vient en première position

(91%) suivie par la vocation sociale avec des proportions variant successivement de 79% à 81% pour le centre de soin et l'accès à l'école.

PROJET D'AMENAGEMENT DE 500 KM DE PISTES RURALES DANS LES PERIMETRES PUBLICS IRRIGUES.

Contexte du projet

Le Projet Aménagement de 500 Km de Pistes Agricoles dans les Périmètres Publics irrigués est une émanation de l'atelier de validation du Programme national d'investissement à moyen terme (PNIMT), et de la concertation des directions techniques sur l'identification des projets prioritaires pouvant être soumis par la Tunisie au Comité directeur d'un bailleur de fond (NEPAD, AFD, BAD...).

Ce projet vise l'amélioration des conditions d'exploitation des périmètres publics Irrigués et s'inscrit dans le cadre des actions engagées par l'administration tunisienne pour promouvoir le secteur agricole par le biais de différent programme d'aménagement de pistes agricoles.

Justification

L'analyse multicritère menée pour le choix des pistes a mis en évidence les éléments saillants suivants:

La population des zones d'influence des pistes semble être défavorisée et isolée, comme en témoigne la proportion relativement élevée de logements rudimentaires se trouvant dans ses zones, le faible niveau de desserte en eau potable et l'état

d'enclavement. Tous ses éléments ayant été formulés parmi les améliorations attendus de la piste.

On observe la pratique de l'agriculture en irrigué et en sec avec intégration de l'élevage dans les zones d'influence. Il existe des potentialités de production encore non exploitées. La réalisation de la piste, serait un facteur non négligeable pour développer et exploiter ces potentialités.

En plus de sa vocation économique, la piste joue un rôle social dans le sens qu'elle permet de faciliter l'accès à l'école, au centre de santé de base etc. Les pistes retenues dans le cadre de la présente étude ont une vocation économique aussi importante que la vocation sociale vu l'absence d'autre réseau routier pour assurer la commercialisation. Leur emplacement dans le rural profond et la difficulté d'accès à ces pistes corroborent ce résultat obtenu par enquête dans les zones d'influence.

Objectif du projet

Ce projet d'aménagement de 500 km de pistes agricoles réparties entre 58 délégations de 15 gouvernorats permettra d'améliorer les conditions de desserte dans 57 PPI et en particulier :

- Faciliter les travaux agricoles et l'approvisionnement en intrants des exploitations agricoles;
- Relier les zones de production aux zones de consommation, de transformation et d'écoulement des produits agricoles;
- Relier les périmètres irrigués entre eux et avec les routes principales;
- Désenclaver les agglomérations limitrophes aux périmètres irrigués.

Zone du projet

Les pistes sélectionnées faisant partie de ce projet ont été identifiées par les responsables régionaux du Commissariat Générale de Développement Régionale (CGDR), du MEH et du Commissariat Régionale de Développement Agricole des différents gouvernorats concernées. Une étude réalisée par le CGDR et financée par l'Agence Française de Développement (AFD) a permis de choisir 500 Km parmi 1066 Km proposés par le MARH. Les 500 Km forment 187 pistes agricoles revêtues réparties sur 15 gouvernorats du pays avec une forte concentration au nord de la Tunisie vu que la majorité des périmètres publics irrigués sont installés au niveau de ces zones.

Le choix de ces pistes s'est reposé sur une multitude de critères techniques, socio-économiques et environnementaux. L'étude des mutations socio-économiques et environnementales prévisibles au niveau des zones d'influence et le calcul de la rentabilité économique de chaque piste ont permis de les hiérarchiser suivant des critères pondérés d'ordre économique, social et environnemental. Le choix des pistes été fondé essentiellement sur un taux de rentabilité interne (TRI)

de l'ordre de 14.5%.

Coûts indicatifs

Le coût global du projet est évalué à 61,1 millions DT sans tenir compte des taxes et des frais d'expropriation éventuels. Le coût, toutes taxes comprises, est estimé à 72,3 millions DT.

Il est toutefois important de signaler que l'essentiel des coûts est pour l'aménagement des pistes. A ce stade de l'étude et pour les besoins de l'analyse économique les dépenses ont été regroupées en trois parties :

- Les dépenses de terrassement qui dépendent essentiellement de la situation de la piste et de la distance à laquelle on trouvera les matériaux.
- Les dépenses d'assainissement qui dépendent de la pluviométrie et de l'importance des eaux de ruissellement.
- Les dépenses de chaussée qui sont liée au standard exigé par les normes.

Sachant que la plupart des pistes étudiées se situent dans des périmètres irrigués. Le relief est donc plat et le trafic souvent faible (moins de 80 véhicules par jours). Le coût de l'aménagement par Km de piste peut être évalué selon les normes ci-après :

Poste	Montant en Dinars
Terrassement	19 000 à 40 000
Assainissement	0 à 10 000
Chaussée	10 à 30 000
Total	(moyenne) 60 000

Tableau n°1: Normes pour le calcul du coût d'aménagement d'un Km de piste

Le coût d'un Km de piste non revêtue en périmètre irrigué revient donc en moyenne à 60 000 dinars. Si la piste devait être revêtue pour des raisons techniques le coût augmentera sensiblement d'environ 40 000 DT/Km.

Sources de financement envisagées

Trois principales sources de financement sont envisagées pour le projet:

Les **bénéficiaires** motivés par les possibilités d'écoulement et les conditions favorables de production engendrées par l'existence des pistes seront plus inclinés à moderniser leurs appareils de production et d'investir dans les aménagements, les équipements agricoles, les nouvelles plantations, l'acquisition de cheptel, et de matériel roulant et la construction de bâtiments agricoles.

Le **gouvernement** participera au financement de l'aménagement et d'entretien des pistes et prendra à sa charge, les frais d'expropriation des terrains nécessaires

pour les pistes, les frais de personnel chargé de l'exécution du projet, la location des bâtiments, les consommables de bureau, les dépenses locales de télécommunication, etc. Les aides financières de l'état aux bénéficiaires prévues par le code d'incitation seront aussi assurées par le budget national.

Les **baillleurs de fonds** qui interviennent déjà dans le financement du réseau routier. On peut citer la BAD, la Banque mondiale et l'AFD.

Bénéfices attendus

Les avantages économiques résident dans :

- La réduction des coûts des véhicules (avantage endogène)
- La réduction du temps de parcours (avantage endogène)
- L'annulation des coûts d'interruption de la circulation (avantage exogène)
- La promotion des activités agricoles dans la zone d'influence de la piste suite au désenclavement des zones rurales (avantage exogène)

Avantages endogènes

Leur détermination sera effectuée en tenant compte de la situation de référence et en cas de réalisation du projet. On évalue les avantages annuels en sommant les gains monétaires occasionnés par la diminution des coûts d'exploitation des véhicules et la diminution du temps de parcours.

Avantages exogènes

Avantage de non-interruption de la circulation. Il s'agit essentiellement de l'effet de l'annulation des coûts d'interruption de la circulation. Les niveaux d'aménagement prévoient en effet une mise hors d'eau partielle ou totale suivant le scénario d'aménagement envisagé et donc la possibilité d'évacuation des produits agricoles en temps opportun et un accès des personnes aux centres urbains.

L'interruption de la circulation se réfère aux deux types de coupure suivants :

- Coupures ponctuelles par des oueds
- Coupures généralisées par détrempe des matériaux.

Si on considère que les marchandises agricoles transportées sur la piste entrent dans les circuits continus de production, transformation et consommation, le coût d'interruption de la circulation est égal à la valeur monétaire de la marchandise transportée multipliée par le taux d'intérêt pour la durée d'interruption de la circulation.

Pour les produits périssables, c'est à dire dont le niveau d'accessibilité exigé est important (durée de stockage : la journée), il y a lieu d'ajouter au coût d'interruption de la circulation évalué précédemment, la valeur monétaire de la marchandise périe.

Le surplus de production agricole.

Celui ci est évalué en examinant les changements de niveau d'exploitation agricole en matière de production. C'est la méthode préconisée par plusieurs bailleurs de fonds pour déterminer les avantages des projets inhérents aux voies de communication rurales où le niveau de l'activité économique et le taux de circulation sont faibles.

Le surplus de production agricole qui se définit par la différence entre la valeur ajoutée agricole «avec projet » et celle « sans projet », dépend de plusieurs paramètres dont les plus importants sont:

- L'augmentation des surfaces cultivables pour les différentes spéculations;
- L'amélioration de la productivité de l'exploitation agricole (augmentation du rendement par hectare) en optimisant les facteurs de production (capital, travail, terre...);
- L'augmentation des cultures disponibles pour la commercialisation vers les marchés, d'où l'augmentation des revenus des transporteurs.

Dispositifs institutionnels de mise en œuvre

Les travaux d'exécution des prises retenues seront réalisés par les entreprises privées avec la supervision des services spécialisés des CRDA et des directions régionales du MEHAT au niveau de chaque gouvernorat concerné.

Une fois les pistes sont réalisées, leur entretien sera assuré par:

- Le MARH pour les pistes existant à l'intérieur des PPI à travers les arrondissements d'exploitation des PPI et de maintenance des équipements hydrauliques des CRDA.
- Le MEHAT pour les pistes reliant les PPI et les zones de commercialisation
- La coordination générale du projet sera assurée par la DGGREE du MARH.

Références bibliographiques

- Enquêtes sur les périmètres irrigués en intensif de 1987 à 2001 DGEDA du MARH
- Etude du Patrimoine, Budget et Entretien Routier (MEAT,2000)
- Eau 21, Stratégie du secteur de l'eau en Tunisie à long terme 2030, MARH, mars 1998
- Plans de développement économique et social (IXème, Xème...)

TRACTOR SOLUTIONS FOR RURAL ROADS & AGRICULTURE

Malcolm Cutler¹, Chairman² & Robert Petts³

Abstract

From the agricultural sector perspective in developing countries, agricultural tractors are desirable to increase productivity and reduce the work burden, particularly for the poor and women. Benefits are also possible through tractor use for transport, water provision, power generation, crop processing etc. However these usually cannot be achieved due to the high initial capital costs, low annual productive utilization due to generally single/limited application focus, and lack of local knowledge regarding good resource management and cost-effective applications. This severely hampers efforts to improve the efficiency of rural activities.

From the road sector perspective, many rural road networks are still substantially only constructed to earth or gravel standard. Traditional maintenance techniques for these roads have been based on the use of motor graders for routine maintenance. Due to a range of factors these approaches are usually expensive and suffer from serious funding and operational constraints. Consequently, rural road networks often remain in poor condition.

The unfortunate consequence for the agricultural sector is poor accessibility and high transport costs. This all contributes to a constraining cycle of impediments to rural development. Reliance on a purely labour based approach is inadequate for many roads, especially those subject to commercial traffic.

There is now the prospect to address all of these issues by utilising proven tractor technology for road rehabilitation and maintenance techniques at a lower cost than traditional heavy equipment maintenance. Thus, tractor utilisation will be raised benefiting both sectors with lower unit costs i.e. road maintenance will become cheaper and more sustainable, and agricultural production and transport costs will be reduced.

The paper reviews experiences with tractor based road maintenance in various developing countries and presents a justification for a commercial approach to providing a range of rural services based on the use of tractor technology.

Key Words: Road, Tractor, Maintenance, Plant hire, Rehabilitation

Figure 1 : DEFINITIONS

There are various definitions and interpretations of terminology used in the Local Resource Based (LRB) technology roadworks sector. The author suggests the following definitions:-

LOCAL RESOURCES

These can include human resources, local government, private, NGO and community institutions, local entrepreneurs such as contractors, consultants, industrialists and artisans, local skills, locally made or intermediate equipment, local materials such as timber, bricks, and marginal materials, locally raised finance or provision of materials or services in kind.

LABOUR BASED ROADWORKS

Operations carried out principally by manual methods. They may be supported by intermediate or heavy equipment for activities not ideally suited to labour methods, e.g. medium-long distance haulage, heavy compaction. Labourers usually walk or cycle to work each day from their homes (rather than imported to the work area).

INTERMEDIATE EQUIPMENT

Simple or intermediate equipment designed for low initial and operating costs, durability and ease of maintenance and repair in the conditions typical of a limited-resource environment, rather than for high theoretical efficiency. It is preferable if the equipment can also be manufactured or fabricated locally.

HEAVY PLANT

Sophisticated civil engineering equipment designed for, and manufactured in, high-wage, low investment-charge economies. Expected to operate with close support and high annual utilisation. Usually designed for a single function with high efficiency operation.

1. BSc, MIAgrE, MD - FSC Development Services Ltd, International

2. Institution of Agricultural Engineers

3. BSc CEng MICE MIHT MIAgrE, Intech Associates

1. INTRODUCTION

Economically emerging and developing countries (EDCs) vary enormously in their economic, resource, industrial, service sector and social circumstances. This suggests that the technologies and methods used for road construction, rehabilitation and maintenance should also vary and be appropriate for their individual circumstances. Unfortunately it is not always immediately obvious that the “state-of-the-art” technologies used and taught in developed country organisations and institutions are often not appropriate, economic nor sustainable in most situations in many other countries. What is required is an **Appropriate Technology and Management approach**.

Economically emerging and developing countries (EDCs) are usually characterised by a resource base that is very different from that found in economically developed countries. For example in developed countries labour wage rates are typically in the range of US\$40 to 200 per day equivalent (Reference 1 et al.). In comparison, EDCs may have abundant low cost and under-utilised labour (wages often less than US\$5/day equivalent), particularly in the rural areas. Furthermore they have local traditions and procedures, and a fledgling or intermediate-technology industrial and service sector base which are substantially different from the industrialised countries. It makes economic and management sense to seek an optimal use of these lower cost, locally available resources, including local skills and traditions before resorting to importing expensive (and often problematic) heavy equipment and expertise on a large scale.

In the road sector, heavy construction plant will still continue to be justifiable on many large, paved main road, reconstruction and rehabilitation projects. This is because the factors of high road traffic, high technical specifications, high guaranteed plant utilisation, economies of scale, intensive management, rapid implementation and relatively simple logistics can support a large-contractor, capital-intensive approach. However for most other roadworks the use of an appropriate combination of intermediate equipment and labour is often cheaper and more appropriate. There are also strong political and social arguments for adopting a more local-resource orientated approach.

Many problems encountered in the road sector in EDCs can be attributed to the application of inappropriate technology, as well as problems of inadequate policy guidance, insufficient or unstable funding, inadequate institutional arrangements, poor manpower development and motivation, lack of appropriate knowledge e.g. service & maintenance and inadequate decision making arrangements.

This paper reviews the experience and potential role of tractor technology in the development of an appropriate and sustainable road sector in EDCs, in conjunction with

cost-effective applications in the agricultural and other rural sectors. By adopting the most appropriate technology in each situation (whether labour, intermediate or heavy equipment) it should be easier to tackle the other (equally important) issues of finance, institutional arrangements and management.

The paper also makes a justification for supporting the development of commercially run rural tractor /intermediate equipment hire and equipment rehabilitation enterprises/centres, with the necessary seed support for initial demonstration and developing sustainable enterprises and operations..

2. ROADWORKS EXPERIENCE WITH TRACTORS

Wheeled agricultural tractors are already used in some applications in EDCs, including the road, agricultural and water sector works.

Even on many of the labour based (LB) road programmes, tractors and fixed dump body trailers have been used for hauling natural gravel for the running surface of roads; with excavation, loading and unloading achieved by manual labour. Gravel road construction/rehabilitation is typically achieved for a cost of US\$10,000 to 20,000 per km using tractor and labour technology (with labour wage rates of between US\$1 and 3.5 per day).

On conventional capital intensive road projects, wheeled agricultural tractors are normally used for tasks such as towing compaction rollers and water bowsers, and sweeping.

In the UK some contractors still use tractor technology for rehabilitating thin-surfacing paved minor roads using bitumen emulsion technology, and for laying thin bituminous overlays. The operations include ripping, pulverising, mixing and spreading by tractor equipment. The bitumen roadworks viability of tractor technology in the relatively high wage environment of the UK presents the prospects of tractor technology being attractive in a far greater range of economic circumstances than pure labour technology when the EDC wage rates are considered.

Many of the LB road programmes in EDCs have concentrated on road construction or rehabilitation, rather than maintenance. The method of implementation has focussed on works management using a civil service organisation, with the notable exceptions of the Cambodia, Ghana, Lesotho, Tanzania and Indonesia projects, where a private sector approach has been adopted. The programmes have usually concentrated on gravel roads (unpaved roads often constitute between 80% to more than 90% of national road networks in EDCs).

Despite this encouraging experience with agricultural tractors, most roadworks in EDCs are still carried out by civil service organisations or large contractors using traditional heavy equipment technology.

There is now widespread pressure, particularly from the international agencies and some governments, for a move away from implementation using the problematic civil service machinery, towards works carried out by the private sector. In addition more attention is being paid to road maintenance. There is also strong argument for better use of local resources. It is argued that with the expected commercial pressures more attention will be paid to cost awareness and the adoption of the most appropriate technology.

Unfortunately the road contracting sector is poorly developed in many of these countries after decades of force account road maintenance operations. Typically major road schemes are carried out by international contractors, a few large indigenous contractors, or a partnership of both. However, the majority of roadworks (smaller schemes and most maintenance) is suitable for lower cost appropriate technology implementation by small domestic contractors using simple equipment and local labour. There should also be scope for sub-contracting to the larger projects. Unfortunately the appropriate standards, documentation, procedures, awareness and training, and supporting institutional and management framework to use an appropriate technology approach are usually deficient. There is a need to create an “enabling” environment for these small enterprises to be created and thrive.

3. INTERMEDIATE EQUIPMENT

Intermediate equipment often is, or can be, manufactured locally to meet some of the needs of the roadworks sector. It can be tractor-based, self propelled, animal drawn or hand operated. Capital costs of local manufacture can be significantly lower than imported sophisticated equipment. Other potential benefits include easier maintenance, simpler spares requirements leading to less downtime (i.e. higher availability), lower

operating costs and the added advantage of the local manufacturing capability (which creates local employment). This should encourage greater sustainability compared to sophisticated imported equipment.

Experience has shown that the use of heavy plant for road maintenance works in EDCs can lead to extremely low utilisation rates for the equipment due to a range of factors in Figure 2. Annual utilisation can often be in the region of 200-500 hours per year. At this level of utilisation the overall costs of ownership in EDCs is extremely high and uneconomic (Figure 3), with large amounts of capital tied up in unproductive plant. Due to lack of spares, knowledge and poor servicing, much heavy plant also has high levels of “down time”.

In contrast, tractor equipment is likely to achieve far higher availability in any particular mechanical support environment. Slightly reduced hourly output by lowerpowered tractor equipment can be more than compensated with higher availability and overall output, and far greater utilisation due to flexibility of applications.

With the towed grading application shown in Figure 4 it should also be recognised that typical (and adequate) motorgrader specifications in the period 1945-55 were only 75-100 hp (56-75 kW) and 10 tonne operating weight (e.g. Caterpillar 12). This is comparable to the larger, present day, tractor-based combinations now more commonly available (5 tonne 100 hp tractor and 5 tonne towed grader) which can achieve both light and heavy grading.

FIGURE 2: Problems often Associated with Sophisticated Imported Heavy Equipment for Rural Roadworks in Developing Countries

Operational:

- Dedicated function (can only be used for one operation)
- Inter-dependence (e.g. dozer, loader, trucks, motorgrader, bowser, roller all required for gravelling – what happens when ONE link in the chain breaks down?)
- Lack of continuity of workload for plant items of dedicated function
- Usually based at locations remote from worksites - plant transporters required and long mobilization/demobilization distances involved

Technical:

- High pressure hydraulic systems
- Sophisticated mechanisms and hydraulics
- Disposable components; difficult to repair or refurbish
- Computer-based problem analysis systems

Local Support and Equipment Maintenance:

- Limited local market for equipment sales of each model
- Specialist repair and maintenance skills, tools and facilities required (often only available in the capital city)
- Few dealers able to provide the necessary close support
- Long spares supply lines and delivery times
- Frequent model “improvements” causing spares stocking and procurement problems and “planned” obsolescence

Cost:

PIARC - CIGR, Rabat, April 2006 5

- All equipment and spares imported – consuming scarce foreign exchange
- High capital and finance costs
- High costs of stocking and provision of spares

RESULT - low availability & high overall costs!

Source: Intech Associates

Figure 3: EQUIPMENT UTILISATION - COST RELATIONSHIPS

**COST VARIATION WITH UTILISATION
120 hp MOTORGRADER**

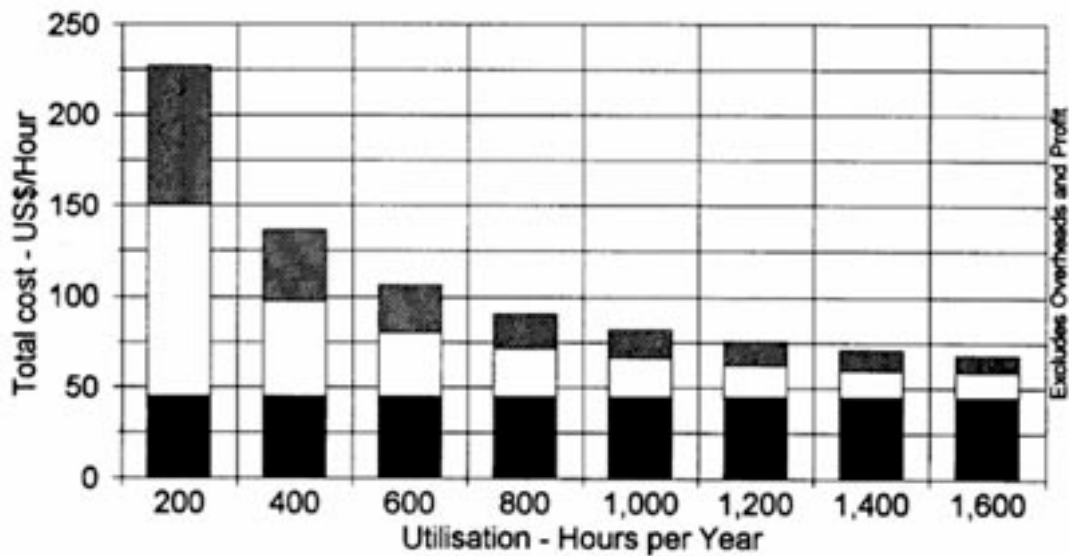
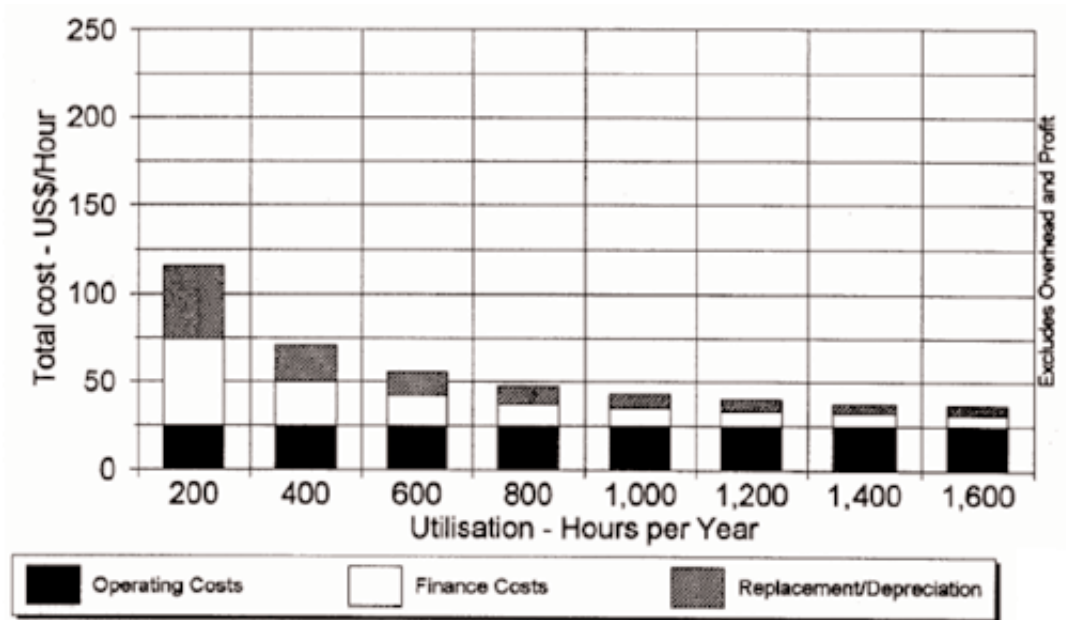


Figure 3: cont.

COST VARIATION WITH UTILISATION 100 hp 4WD TRACTOR + 5t TOWED GRADER



Based on 12 year economic life for the motorgrader and 10 years for the tractor equipment. Calculated on an interest rate of 20%.

Source Reference 1.

Figure 4: Towed grader equipment and approximate capital purchase prices

Low cost towed grading for Earth (& Gravel) Roads

Fig 4a UK solution = US\$45,000





Fig 4b Kenya solution = US\$30,000






Fig 4c Zimbabwe/South Africa = from US\$9,000





Fig 4d Cambodia solution = US\$2,500



Intech Associates

intech-tri@fpt.vn

2

Furthermore the proven tractor uses in the road sector are extensive. Applications cover bitumen, gravel and earth roads. Even where the tractors are not manufactured or assembled locally, the attachments usually can be. Tractor technology suffers much less from the problems summarised in Figure 2.

Service and repair facilities for agricultural tractors are far more common in rural areas than for heavy civil engineering plant. This contributes to better reliability and availability of the equipment.

Experience in Kenya has shown that a team of three No. 100hp 4wd tractors working in association with two 5 tonne heavy towed graders, a towed compaction roller and local unskilled labour can rehabilitate the camber and drainage system on earth and gravel roads for direct costs of about US\$2.000 per km. The rate of work output was more than 2 km of rehabilitated road per week (Reference 4).

Subsequent routine maintenance can be established for between US\$250 - 750 per km per year, depending on towed grading frequency, also using labour and tractor technology. These costs are substantially below those of

using a heavy plant approach.

Tractor technology offers local entrepreneurs a lower risk and more flexible investment than traditional heavy roadworks plant.

4. THE VERSATILITY OF AGRICULTURAL TRACTORS

Wheeled agricultural tractors are the simplest, most robust and versatile mobile power source, with a wide range of applications in the rural sector (Figure 5). Harry Fergusson recognised this and the tractor “as the universal power tool” was an important step in the development process in the American and European agricultural sectors. In Asia single axle walking tractors fill a similar role in small scale agricultural operations.

5. MECHANISATION IN THE AGRICULTURAL SECTOR

There is a case for wider use of tractor-based technology and developing tractorbased contractors and hire enterprises.

Figure 5: Potential Tractor Applications In The Rural Economy

SECTOR	OPERATIONS
AGRICULTURE	Ploughing, Harrowing, Rotovating, Sub-soiling, Haulage, Access Road Construction/ Maintenance, Land Clearance, Root removal, Planting, Seed Drilling, Fertiliser Application, Pesticide/Herbicide Application, Harvesting, Pond Construction, Dam Construction, Borehole construction, Contour drains, Fencing (post hole boring)
FORESTRY	Winching, Loading, Hauling, Poling, Sawing, Access Roads
ROADS (paved and unpaved)	Gravel Haulage, Water Collection Haulage and Distribution, Personnel Transport, Bridge & Culvert Materials Haulage, Fuel Haulage, Plant Haulage (low loader trailer or semi-trailer), Towed Grading (heavy and light), Dragging, Towed Compaction (rubber tyred/steel roller), Earthworks Excavation & Haulage (towed scraper), Excavation (back hoe/ripper/scarifier/compressor & pneumatic tools), Loading (front shovel), Grass Cutting, Spreading Materials, Bitumen Sealing (towed bitumen/emulsion eater/sprayer), Stone crushing (towed crusher and screens), Chippings Transport, Recycling pavement (milling attachment), Brushing/Sweeping, Mixing (disc harrow), Slurry Sealing (mixer and spreader), Premix Patching Material Production, Temporary Accommodation (towed caravan/workshop)
AGROPROCESSORS	Threshing, Hulling, Milling, Haulage
MUNICIPAL (non-road)	Garbage Skips, Water Haulage, Night Soil Disposal
WATER SECTOR (non-road)	Pipeline excavation, Pipe Laying, Cranage, Earth Dam Construction, Irrigation Channel Construction, Water Pumping, Water Haulage, Borehole drilling
BUILDING CONTRACTORS	Materials Haulage
MINING/ QUARRYING	Access Roads, Materials Haulage
TRANSPORTERS	Short Haulage: Goods, Materials & Personnel
PLANT HIRE COMPANIES	Hire to Others for all the applications in this table
RESEARCH/ ACADEMIC/ TECHNICAL INSTITUTIONS	Demonstration Training
NGOs	Any of the above operations

The principal argument for encouraging the development of tractor-based enterprises is the crucial role they can play in the development of rural areas. Firstly, the majority of tractor owners live in rural areas and have strong farming connections.

Secondly, agriculture is a rural-based activity and is usually the lead sector in developing countries, furthermore up to 90% of their population live and work in rural areas. Thirdly, modern agricultural tractors have a multi-role capability which is appropriate for working in a developmental environment.

Many governments are now recognising the importance of rural development in achieving sustainable economic growth and also the crucial role that a successful agricultural sector will play in sustaining that growth. Structural adjustment programmes have already achieved a lessening of government controls and the placing of more reliance on market forces to drive national economies. The role of governments is therefore changing, as their focus moves from direct intervention in the rural development process, to concentrate instead on providing an “enabling environment” designed to encourage private sector development and investment.

However, clear government policies on rural development are still essential to generate and sustain positive market forces, as these forces are needed to create the opportunities and incentives necessary to drive the development process forward.

The basic underlying strategy behind any government policies on rural development should consider three possible key objectives:

- To decrease food imports by increasing food production in order to achieve food security,
- To increase agricultural exports by increasing cash crop production to support an expanding agro-industrial sector,
- To encourage the development of off-farm activity to include micro and small enterprise development.

Increasing agricultural crop production will depend inter alia on motivating the smallscale rural farmers, as well as the large private farms and estates. But only through appropriate incentives will farmers, both large and small, respond by bringing new areas into cultivation and farming more intensively, which in turn will result in greater potential incomes. However, the majority of farmers in developing countries rely on family based traditional methods of crop production using hand tool technology.

Consequently, their productive capacity is limited to farming a maximum of 1.5 to 2.0 hectares efficiently and effectively⁴. Even with incentives, they will be unable to increase their cultivated area beyond two hectares per person, or farm their existing holding more intensively without access to farm power. Unfortunately, the basic cost of a tractor, plus associated equipment is beyond the means of the vast majority of farmers in developing countries (Figure 6).

Figure 6: Affordability of Tractors

TYPICAL COST NEW OF A 60 HP (45 kW) 4 WHEEL AGRICULTURAL TRACTOR SOURCED FROM A DEVELOPED COUNTRY	US\$ 25,000
ESTIMATED ANNUAL GROSS INCOME OF A RURAL AGRICULTURAL LABOURER*	
CANADA	US\$ 25,425
UK	US\$ 12,775
EGYPT	US\$ 525
GHANA	US\$ 550
KENYA	US\$ 425
MALAWI	US\$ 150
ZIMBABWE	US\$ 525
AZERBAIJAN	US\$ 1,400
BANGLADESH	US\$ 350
PHILIPPINES	US\$ 550
SRI LANKA	US\$ 300
COSTA RICA	US\$ 1,300
PARAGUAY	US\$ 1,275

SOURCE: ILO YEARBOOK OF LABOUR STATISTICS 1994

* ASSUMING 250 PAID DAYS PER YEAR

4. 3 N°. household members working full time will provide sufficient labour to cultivate 1.5 - 5.0 ha by hand - Reference: Farm Power Considerations in Farming Systems in Sub Saharan Africa, FAO, 1995.

Similarly, even draft animals and their associated equipment are expensive to purchase, and both owners and animals need training. A further consideration is that the animals need feeding, thereby reducing the amount of land available for cash crop production.

Farmers therefore need access to a low cost, flexible source of farm power that will enable them to increase productivity, respond quickly to production incentives by ensuring timeliness of planting, but at the same time be affordable with an acceptable level of risk. This could be achieved through the mechanism of hiring, which currently is relatively under utilised in developing countries. By fully utilising the existing fleet capacity and helping local entrepreneurs to set up plant hire establishments which offer the “right tools for the conditions” and at the right price tractors could be made available almost immediately and there are no capital commitments, ownership problems or risks to the farmer hiring the tractor. Additional capacity would then be provided with further investment.

Farm power capacity in the form of the basic four wheeled agricultural tractor has a superior land preparation capacity, compared to the other sources of farm power available to farmers (see Figure 7) and the additional cost of hiring the tractor will be more than compensated for by increasing the farmer’s production, ensuring timeliness of operations and reducing his production costs.

Increasingly farmers are purchasing fully reconditioned tractors (as new, with full warranty) at between 50-70% of the new price. Many developing countries have large numbers of abandoned tractors, including Massey Ferguson and Ford makes, which could be refurbished and therefore it is suggested that pilot programmes be introduced to lead to commercial rehabilitation initiatives, linked to the plant hire centres.

A sustainable tractor-based contracting/hire sub-sector could also make a significant impact in the key areas of rural development, specifically through the following:

- Improving output performance and food security,
- Releasing human resources for non-subsistence activities and income generation,
- Reducing poverty by enabling farmers to respond more rapidly to weather and production incentives and therefore raising their farm incomes,

- Alleviating heavy ground preparation work, collection of water and fuel - especially for women, and allowing them the chance to pursue other family activities, income generating interests, or leisure time,
- Providing full-time employment for tractor operators and their helpers,
- Stimulating demand for off-farm services, such as machinery repairs and spare part sales outlets.

Furthermore there is a range of non-agricultural activities in the road and water sectors which would provide opportunities for other income for tractor owners and contribute further to rural development, as indicated in Figure 5.

The drive for increasing agricultural production, through small scale farmers and the market pressures on large agricultural businesses to reduce costs and improve efficiency, is creating a climate of opportunity for tractor-based contractors in the rural areas. This is being further enhanced by economic pressures forcing governments into privatisation and the contracting out of force account work.

Fortunately the versatility and the multi-role capability of the basic agricultural tractor, provides existing tractor owners with a clear competitive advantage over owners using equipment with only a single role capability such as trucks or heavy civil engineering equipment. Tractors can move freely between different business sectors, and to the remotest locations, undertaking a range of activities from land preparation, harvesting, processing, transport, road construction and maintenance, earth dam construction and forestry. Such versatility reduces the risks for the tractor owner because he is not dependant upon one client and can maximise his tractor utilisation throughout the year, and hence his profit.

However, even though the economic and business environment in many developing countries is now becoming more conducive to the development of a tractor-based contracting/hire sub-sector, the recognition of such a sub-sector will still need policy support and project intervention. This is required to create an enabling environment and steer the present and potential tractor owners into seeking out and exploiting all the contracting opportunities that are now becoming available.

FIGURE 7: Sources of Farm Power available to Small Scale Farmers

SOURCE OF FARM POWER	MAN HOURS TO CULTIVATE ONE HECTARE
Manual labour	500
Two bullocks plus single furrow plough	60
Two wheeled tractor plus rotary tiller	25
Four wheeled tractor plus three furrow plough	4

SOURCE: FAO 1979

6. THE CASE FOR RURAL PLANT HIRE ENTERPRISES

A major issue facing many developing countries is how to make tractor-based technology available to the vast majority of farming families in the rural areas. It is obvious, that due to capital constraints every farm household cannot own a tractor (Figure 6), but nevertheless, they should still have access to tractor-based contracting capacity if they need it.

In the past, governments sometimes with donor support, have introduced tractor hire schemes to achieve this aim. But such schemes were managed and operated as a public sector enterprise, complete with the associated problems of poor motivation, mis-management and subsidised services. These were clearly unsustainable once donor funding was withdrawn. A World Bank study has found that 98% of such tractor hire schemes have failed because they were too bureaucratic and lacked the operational flexibility and the motivated staff needed to cope with the constraints of weather on the timeliness of agricultural operations. Tractor fleet utilisation was also very low, mainly attributable to the seasonality of work, poor maintenance and the lack of spare parts, which contributed to the low availability of the tractors throughout the year.

In consideration of the failure of the public sector to provide tractor-based contracting capacity in the rural areas, the only other alternative is to encourage the private sector and in most developing countries, the only sources of private sector contracting capacity are as follows :

- Farming co-operatives,
- Tractor hire provided by dealership or hire company,
- Tractor hire provided by private individual tractor owners.

Co-operative operated tractor hire schemes, although targeting small scale farmers, have suffered a similar fate to the public sector hire schemes, as they are also commonly effected by poor business management and technical incompetence. On the other hand, tractor hire schemes provided by commercial companies are usually urban based and access to such services is often strictly limited to registered companies who have been successfully trading for a number of years. Nevertheless the commercial realities of trying to control the movement, usage, maintenance and operating conditions of a fleet of tractors serving small scale farmers hundreds of kilometres away from base will be a formidable challenge.

This really leaves two possible pragmatic options:-

- Private individual tractor owners
- Rural based small hire enterprises, owned by local entrepreneurs

Individual tractor owners are usually commercially minded either because they are often practising farmers, who are using their tractors' surplus capacity to provide additional

income by offering contracting services to neighbouring farmers, or local entrepreneurs who see a business opportunity. They also possess some organisational and management skills, as well as a modicum of business sense to be able to plan their tractor's seasonal utilisation and determine an acceptable charge out rate for their contracting activities. By far the most important factor in their favour is that their contracting activities are market demand led, and market forces determine the hire rates charged. In the past hire services have either tried to demand exorbitant hire rates, or in the case on many government schemes, too low a rate which does not cover real running and replacement costs and therefore results in the scheme being unsustainable. Farmers will only pay for and use these services, if they anticipate it is going to be profitable to do so and they will only pay what they think is a reasonable or realistic rate.

However, the underlying problem in EDCs is that the levels of annual utilisation achieved by individual tractor owners, can typically be much less than 500 hours/tractor/year. At these levels of utilisation income from hire for solely agricultural use, will not bear the true full costs of ownership and operation of the equipment. At market hire rates the owner will often find himself descending into a downward spiral of insufficient income to cover the costs of preventive maintenance and proper repairs, and funds for acquiring a replacement.

This is a crucial factor which prevails in many developing countries and results in the general poor and aged condition, and unreliability of individually owned tractors.

The problem of low utilisation is closely related to not achieving continuity of work

throughout the year. This under-utilisation is caused by tractors being used mainly in small scale agriculture undertaking primary cultivation and transport, which only provides a narrow window of opportunity for work during each cropping season. After this the tractor is under-utilised until the next peak demand. Therefore it is necessary to consider a cross-sector approach to tractor-based contracting, in order to obtain a balanced workload for the tractor throughout the year which will maximise the tractors annual utilisation and in addition, provide full time employment for the tractor operators and assistants. Under-utilisation is therefore the main concern of tractor owners and can best be tackled by identifying and promoting tractor-based contracting/hire opportunities in businesses across all industry sectors operating in the rural areas. Such a strategy is achievable only by being able to exploit the multitasking capability of the agricultural tractor in order to meet the needs of those businesses.

By far the most common tractor-based opportunities are tractor and trailer transport work which can be undertaken throughout the year in all sub-sectors, in addition to cultivation duties. Other tractor powered operations in the sector are shown in Figure 5.

In the road sector agricultural tractors can be used for a wide range of road construction and maintenance

activities, in addition to the water and irrigation sector e.g. earth dam and borehole construction, as well as other possibilities. The promotion of tractor-based activities across non-traditional industry sub-sectors will therefore generate new opportunities to exploit the agricultural tractor's full potential.

The main limiting factors to successful hire services are the current lack of technical, and true cost, awareness. There is also the need to show both tractor owner and rural based businesses the opportunities and potential business opportunities that do exist, whilst helping them to understand their contractual requirements. For these reasons, project intervention will be necessary to both identify and exploit such opportunities and assist in developing the tractor owners' contracting capacity to meet those opportunities. Only by taking a cross-sector approach i.e. in both the agricultural and road sectors, can a project quickly generate the critical mass to be both viable and therefore sustainable, and demonstrate to people (both in government and private sector) the opportunities this technology can offer in overcoming the problems of road maintenance/rehabilitation and agricultural development.

7. PROMOTION OF TRACTOR-BASED CONTRACTING/HIRE

A number of key actions have been identified by Pyke (1992) as being necessary for the successful upgrading of a specific business sub-sector. These key actions are identified as;

- the improvement in information flow between buyer and provider of services,
- the encouragement of networking between service providers, and
- the promotion or establishment of business associations to serve the interests of service providers.

An important project intervention proposed under this paper is the establishment of a tractor-based contractors/hirers association. Such an association would prove invaluable in identifying and locating tractor owners and providing a focus for project intervention and business contacts. The association would also allow individual members (tractor owners) to network together, as well as allowing inter-association networking to take place, thereby helping to generate information flow at all levels of business and providing the initiative with a cost effective platform from which to promote tractor-based contracting/hiring across all those business sectors, represented by an association.

In parallel with the establishment of the tractor-based contractors association, project intervention must also concentrate on promoting and developing tractor-based contracting/hiring through the establishment of business linkages. Association networking will greatly assist in this ongoing exercise by enabling the project to make presentations to target audiences and obtain interest and support for tractor-based contracting from key business managers.

8. CREATING AN "ENABLING" ENVIRONMENT

The private sector in all developing countries has been undertaking sub-contracting between established businesses for many years, even though the business environment could have been described as "disabling", rather than "enabling". However, the key to the success of such arrangements lay in the vertically integrated structure of such businesses, which allowed them to undertake all their business activities in-house and therefore protect themselves from the disabling environment outside.

In contrast, an individual tractor owner or local entrepreneur has no alternative than to operate within his/her country's business environment. Therefore the more enabling that environment is, the better his chances of becoming a successful tractor-based contractor. Consequently, for a successful tractor-based contractor development project to take place, one of the key factors will be a user-friendly business environment, that is targeted at all levels of private sector businesses in the rural areas. For a hire/lease based enterprise this includes supportive regulations and tax structures relating to equipment hire/lease – structures which are not always in place in EDCs.

The key organisations that will impact on the tractor owner's business environment are government in terms of their rural development and business sector policies, the banking and financial sector in terms of accessibility to credit, public and private sector enterprises in providing services and contracting opportunities, and project promoters or donors for providing support in the form of direct and indirect funding.

It is now time to bring the available technical and business solutions together to solve the interdependent problems of the rural agricultural and transport sectors, with the support of an "enabling" environment created with appropriate government and donor initiatives.

References

- Petts R. C., 1997 Agricultural Tractors in Roadworks, MART Working Paper No 7.
- Gongera and Petts, 2003, A Tractor and Labour based routine maintenance system for Rural Roads, Low Cost Surfacing Working Paper No 5.
- Petts, Cook and Tuan, 2006, Rural Road Paving for Manageable Maintenance, PIARCCIGR.
- Petts, Robert, Roads 2000, a programme for labour and tractor based maintenance of the classified road network, paper for the RMI road maintenance policy seminar, Nairobi 2 - 5 June 1992.
- Hancox and Petts, 1999, Guidelines for the Development of Small Scale Tractor Based Enterprises in the Rural and Transport Sectors.

GUIDELINES IN IMPROVING RURAL INFRASTRUCTURES IN AFRICA

G. Gebresenbet¹ and G. Oodally²

Abstract

This paper takes a broader view of rural infrastructure, their interaction and interface with the support systems, such as maintenance of rural roads, transport and storage. The lack of infrastructures in developing countries is well established but its impact on food security is less obvious. FAO (2004) indicated that 38 countries face serious food shortages with 24 in Africa, 7 in Asia, 5 in Latin America and 2 in Europe. Despite favourable natural conditions for diversification of agricultural production, Africa represents 70 % of the Least Developing Countries with the highest food deficit (FAO, 2000). During food crisis, aid is air lifted at tremendous cost because of lack of infrastructure and or maintenance. Proper access to rural areas and markets is needed to enable farmers produce surplus food, while traders and non-farming sectors provide better facilities, services and much needed supplies to the rural population to improve the quality of life.

The impact of roads on the lives of the rural poor in the third world has been modest. The roads simply did not last long enough to change people's ways. It is mainly due to the fact that roads simply did not make more accessible the places, where people wanted to go. People did not become more mobile; perhaps because they could not afford it or perhaps transport services did not improve. Sometimes the roads simply did not connect them with the services they use. The reasons are very many but essentially due to lack of experience in recognising the importance of maintenance and failure to raise both skills and funds at the local level to undertake such activities. Transport and communications represent a very high share in production costs and constitute a serious constraint to the competitiveness of the economies in the region. Adequate packaging for long over-haul transit storage and road networks are either inexistent, lacking or in conditions beyond repair. Rural transport and the related infrastructures play a crucial role in facilitating both industrial and agricultural development.

They provide the necessary activities and added-value for primary, secondary and tertiary products, while creating jobs and services locally. Sustainable transport network in rural areas assists farmers, small and medium entrepreneurs through timeliness and availability of fresh quality products in towns, cities and over distant areas, while fetching premium prices. Maintenance management is intimately linked with road design, selection procedures, choice of technology and cannot be separated from the vital question as to whether a road is necessary in the first place. Even simple roads are expensive to maintain in rural areas and every effort must be made to concentrate on carefully selected core networks, while relying on local resources as much as possible. The management of rural roads must be decentralised and integrated within a larger national program to enable the public sector operate as an effective facilitator to create an enabling environment, whereby the private sector can find suitable market for undertaking construction works, rehabilitation and maintenance. The use of labour-based methods for maintenance are now gaining wider acceptance but the lack of knowledge, motivation and funds are real and need to be addressed to keep rural access in working order.

RURAL ROADS

Rural road density is estimated at 32m/km² in Western Africa and at 36m/km² in Eastern and Southern Africa. Moreover in West Africa, more of than half of the rural roads is found in Nigeria, Cameroon and Ivory Coast. Nigeria with its fairly dense network of rural roads of 90 m/km² represents barely equal that of India in the 50's. Notwithstanding such contrasting figures existing rural roads are poorly maintained. Indeed, maintenance standards have deteriorated considerably during the 80's especially in West Africa where 28% of unpaved roads has increased to 42% and slightly less in East Africa. A survey conducted by World Bank in 85 developing

countries revealed that the backlog of economically warranted road rehabilitation was 41 Billion US \$. The poor performance of the Sub Saharan Africa and poorer parts of Asia during the 70's and 80's led doubts about the existing ability of many countries to maintain the existing infrastructures. Until the 80's, it was widely accepted that motor vehicle, roads and rail works provided the focus around which rural transport planning and policies were to be built. However, limitations have been increasingly recognised. Access and transport are to be considered in its totality to encompass the movement of rural people and their goods to meet their domestic, economic and social needs by any means (along paths, tracks and roads). It is thus

1. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Engineering, P.O.Box 7032, 750 07 Uppsala, Sweden, Girma.Gebresenbet@lt.slu.se
2. Food and Agricultural Organisation, FAO, AGS Division, Engineering and Technology Services, 00100 Rome, Italy, Goolam.Oodally@fao.org

important to ensure that the specification of the infrastructure including waterways to be developed, its location, and method of construction, maintenance and cost are all appropriate to the transport functions that it will serve and to the means of transport that are likely to use it.

J. Dawson and Barewell, I (1993) argue in "Rural roads are not enough" that while too much importance is given to roads and motorised vehicles, low cost infrastructures and improvement to existing ones may bring more rewards and an increased internal rate of return. Improvement of the road network linking zones of production with zones of consumption assists traders in the agricultural sector to work more efficiently at considerably lower cost. A properly planned and well-executed maintenance program not only makes the road more comfortable, but reduces maintenance costs over time. Clearly, all weather roads, waterways, bridges, interfaces (stores, depot and warehouse) and their maintenance or improvement are among the top priorities in Africa, for the development of infrastructures. For example, the inadequacy of road construction limits not only the circulation of inputs necessary for agricultural growth but also the production and distribution of basic foods and hence affects adversely availability, quality and prices for both producers and consumers. Rural access allows communication between isolated areas and the rest of the country allowing exchanges in surplus and food deficit rural areas or urban centres.

Road can be sub-divided into main roads (asphalt or at least gravel) and unclassified roads. "Unclassified or Feeder" roads consist of farm to market roads or farm-to-house tracks. Such roads or tracks converge into the classified system and play an important role to facilitate development in rural areas. In order to offer solutions or alternatives aimed at reduced cost, it is important to realize that nothing replaces good and well maintained construction works. Use of local materials, local labour, existing or improved equipment and or a number of such combinations can reduce costs substantially. Feeder roads have an average length of 2 to 20 km and a width of 3 to 5 m. Foot paths and or animal trails which are enlarged; so that they could be used by smaller vehicles do not necessarily follow an engineered alignment. As a consequence feeder roads are variable and non motorized means, such as pack animals or animal drawn carts and bicycles, continue to be used and share the roadway with motorized vehicles, such as pick-ups, small trucks or motor-bikes. Normally motorized vehicles do not exceed 20 vehicles daily and there are seasonal variations. It constitutes more than 50% of the entire road network and are seldom designed or constructed by the roads authority, as such these are frequently not considered within the national maintenance program and in case of budget constraints are the first to be affected by cuts. They are located in remote areas and decision makers are not directly affected because they hardly use them. Deficiencies in

this sector can negatively influence transportation efficiency and food security. The lack of serviceable feeder roads is frequently under-estimated, as a constraint on the supply of agricultural goods. Poorly maintained roads result in losses of investment, deterioration of the environment and in frustration of the rural population.

There is however, no single appropriate structure for preventive maintenance management. It can involve government, local informal organisations and construction and transport private sector enterprises. It must be negotiated during planning and programming to ensure a smooth transition from construction to maintenance activities to avoid that considerable effort in training and institution building is not wasted. As part of a comprehensive strategy to enhance rural mobility, there are 3 aspects to the development and sustainability of appropriate rural transport infrastructure, which need to be considered,

namely Paths and tracks network

These routes link houses to key places in the community (village centres, sources of water, fuel wood, agricultural land and link the community to key places outside – adjacent villages, roadside and local centres. In general, these paths and tracks have not been constructed, rather they have evolved through continuing use of a particular travel routes perhaps complemented by local efforts to deal with particular trouble spots, for example, the construction of simple means for crossing rivers and streams. In fact, much of the travel and transport by rural people within the community takes place on these paths and tracks to reach the roadside before undertaking a journey by motorised vehicles. Thus where the conditions of a footpath and track makes travel difficult, slow or dangerous, improving its condition would enhance mobility and is expected to have a significant impact. There are 4 conditions where such attention is likely to be justified:

- During wet season, rivers and streams can be barrier to travel because of the absence of a suitable crossing or can be dangerous because the crossing is inadequate; as a consequence people on foot often have to make long detours to find a suitable place for crossing or risk injury or even death by following the most direct route.
- Many foot paths particularly over steep terrain or in poor soil condition become difficult to cross during the wet season causing delays and travel on such road is more difficult for transporting goods.
- Poor conditions of paths and tracks can cause serious accidents
- Paths and tracks which are suitable to travel on foot may need upgrading to facilitate the use of non-motorised Intermediate Means of Transport

There is a range of simple, technical measures which can be implemented to improve paths and tracks

condition. These include construction of low-cost timber water crossings, drainage techniques, including simple structures made from local materials to prevent paths from becoming slippery, cutting of steps and provision of hand rails on steep sections and simple method of improving surface condition.

Low cost road construction

This implies the need to consider alternatives to the construction of fully engineered surfaced all weather roads. One such strategy is to concentrate limited resources on Spot improvements in critical sections, surface and side drainage structures. Such measures can often be sufficient to rehabilitate a deteriorated road or upgrade an existing track to a condition that allows essential transport services to serve villages at critical time of the year. An alternative strategy is to promote self help inputs to rural road improvement and maintenance. It should be limited to provide direct access to the participating communities and a degree of technical support and supervision may be necessary to ensure that acceptable standards are achieved.

The financing, implementation and management of rural road are now receiving greater attention through government development agency policy initiatives and investment program. However, when costing road it should be assessed over its life time rather than simply on the basis of initial investment. It emphasises the fundamental importance of rural roads maintenance both to sustain the level of road access provided and to avoid the need for additional investment to rehabilitate a road deteriorated after few years.

Labour based construction and maintenance methods

There is substantial scope for labour based methods for construction and maintenance of rural roads and for improvement of paths and tracks. Efficient labour based methods do not attempt to execute all construction activities using hand labour. Rather the aim is to employ labour to the maximum extent possible, but to complement this with appropriate equipment for activities which cannot be executed effectively solely by labour. For example, tractors and trailers may be used to haul materials and pedestrian rollers to compact earth fill. Labour based methods are now proven to be technically effective for the construction of rural roads and small structures and routine maintenance. It has also been demonstrated that labour based road construction are rather cheaper than those which depend on the use of heavy equipment. Under suitable conditions, they can yield a saving of about 15% of the total costs, along with a saving of 40% in foreign exchange for construction of roads to comparable standards. It is technically effective and cost efficient and also create employment and income earning opportunities in rural areas, eliminate the problems associated with maintenance of complex equipment. The successful and widespread use of labour based methods involves attention to all aspects of construction and maintenance process: design, planning,

organisation, procurement, supervision and management. The development of technical capacity to undertake such work on large scale requires technical assistance and training support and long term commitment from both Government and development agencies.

ROAD DESIGN AND MAINTENANCE

Properly built roads allow subsurface water to drain naturally, but the very nature of roads tends to restrict surface water flow. Therefore, any maintenance program must be built on a thorough understanding of road design and maintenance. A primary goal in rural road maintenance is to limit any detrimental effects caused by flow of water. It's the washouts that occur along with these inconveniences that create long-term problem. Ruts, bumps, potholes, mud, washboard and dust make unpaved rural roads uncomfortable and even impassable for both users and motorists.

It is estimated that up to 85% of all erosion and sedimentation problems in lake watersheds originate from the construction and improper maintenance of dirt or gravel surfaced roads. Properties that affect a soil's ability to erode include: structure, texture, percentage of organic matter, and permeability. The least eroded soils are well-drained and well-graded gravels or gravel/sand mixtures with little or no silt. Clay acts as a binder between soil particles and organic matter, maintaining a favorable structure and improving stability. Besides the longterm environmental problems caused by erosion, there are many other problems that create hardship for rural road users. Ruts, bumps and potholes can destroy vehicle's suspension.

SUBSURFACE AND GROUND WATER

The two things that combine to cause problems with rural roads are water and traffic. Usually we cannot limit the amount of traffic, so our effort must be to control the effects of water, both above and below the surface.

Subsurface water is flowing or standing on top of the earth's surface. With respect to roadway maintenance, we are concerned with getting rainwater off the road surface as quickly as possible and directing it to a natural or man-made drainage channel capable of handling the flow without eroding. The following measures help to drain water from the road surface:

- A road cross-section that is properly crowned and graded.
- Ditches sufficient to handle the necessary volume of water without eroding.
- Properly sized and installed culverts.
- Turnouts and buffers that return surface water to natural courses.

Ground water is below the earth's surface, at a level known as the water table. With respect to roadway maintenance, water in the road base makes it unstable, susceptible to rutting, and potentially impassable. We are concerned with draining the water from the road base and direct it to a natural or constructed watercourse capable of handling the flow without eroding.

Methods of draining groundwater from the road base or lowering the ground water table include:

- Subsurface drains - either pervious pipe or permeable soil material.
- Open ditches, the same ditches used to handle surface water

MACHINES

Machines used for rural and development road maintenance range from road graders built specifically for the purpose to trucks and tractors fitted with various attachments. While each device has different features and benefits and must fit individual circumstances, it should also meet the following criteria to be considered suitable.

A device used to adequately restore and maintain a road must be able to:

- Cut into the road surface to remove potholes and washboard.
- reclaim material from the shoulder and move it to the centre to restore crown
- separate rocks and debris from reclaimed material
- spread new material when necessary
- mix materials into existing surfaces for repairs, and
- provide a means of control to establish a finish grade

While there is a wide range of equipment used for road maintenance, the actual part of the tool that meets the road falls into one of two categories: a rigid blade or a spring tooth rake. The tool can be an integral part of the operating vehicle or a separate device attached or mounted to a multi-purpose vehicle. The ideal machine for maintaining unpaved surfaces is a road grader. It can do almost everything necessary to maintain a road by repositioning its blade for different operations and requires a skilled operator. It is large, expensive and often present problem for narrow and winding nature of rural roads. In lieu, a trailing grader attached to 80 Hp tractors or trucks can be used. Such grader has a number of blades with independent release mechanism reducing the required power and damage to the machine.

The advantage of the rigid blade is that it can usually be positioned at an angle that lets it cut out potholes, pull in shoulders, restore crown and also clean side ditches. The disadvantages of a blade are that it requires slow operating speeds because of its rigid attachment to the carrier and also that it has trouble separating out debris.

On the other hand, flexible tine rakes use spring steel tines in place of a blade. They are often mounted on farm or industrial tractors. The advantage that tines have over a blade is that they provide shock load protection to the carrying vehicle, allowing higher operating speeds and they excel at separating debris. Disadvantages of flexible tines are that they can sometimes individually bend or break when hitting obstructions and are generally more costly than rigid blades to purchase and replace. This cost, however, has to be balanced against their overall efficiency and the protection they afford to the operating vehicle. Many rakes were designed primarily to complement a road grader for removing rocks and debris.

Some rakes are too wide and unskilled operators are inclined to remove the crown of the road along with debris during raking. Where a tool is mounted, along with how easily it is controlled, dictates whether it is suitable for actual grading or strictly for smoothing. The blade of a road grader or bulldozer is in front of the operator where he can see both the tool and the work being done. Rear mounted tools are much more difficult for an operator to control, particularly when having to continually compensate for changing topography and conditions. In addition, front mounted grading tools usually penetrate a road surface more readily than rear mounted tools because the operating vehicle pushes them into the road surface rather than pulling them out.

Availability is critical, regardless of the type of equipment used, because it is regular maintenance performed before a road surface becomes badly worn, rutted or washed out that helps to reduce long term cost while also reducing erosion and sedimentation. Once a road is re-graded, the surface must be re-compacted to help consolidate it. This can usually be accomplished adequately by the wheels of regular vehicle traffic. In fact, wheeled vehicles are generally preferred for compaction because they concentrate the entire vehicle weight on a very small area showing up any imperfections immediately and allowing them to be reworked before they redevelop into potholes. Steel rollers, on the other hand, have the tendency to bridge such imperfections. A loaded dump truck is ideal for final compaction so long as the road base is firm enough to support repeated passes with a heavy vehicle.

MAINTENANCE MANAGEMENT

Maintenance planning of rural roads requires the participation of local communities, contractors and technicians, as it involves smaller resources over a large number of widely separated points. This will help to ensure that roads are sited in accordance with local needs and that construction and maintenance makes maximum use of labour-intensive techniques to keep down costs and provide local off-season employment. Programs which have stood the test of time are briefly outlined below:

a. Community Contract System

Local government provides support to an organization for the maintenance of a section or sections of rural access infrastructure. The maintenance activities are mostly labour-based technologies using unskilled labour and hand-tools and minimum capital equipment at quality and cost comparable with those of any other method.

b. "Length man" System (LS)

Maintenance involves a contract between a local individual (length man) and a governmental agency, whereby the individual receives payment to carry out all routine maintenance over a fixed length of road using government furnished hand tools. Payment is contingent on satisfactory performance. This system operates satisfactorily in populated areas, where the length man lives close to his assigned section of infrastructure. It is suitable for all types of feeder roads with low traffic volumes. Under average conditions a full-time worker should be able to do the routine maintenance needed each year on about 2 to 2.5 km of single lane road with traffic of some 10 to 20 vehicles per day. Under the "length man" system, roads can be divided into sections that one person working full-time or part-time. For example, in areas where all labour is engaged in agriculture during certain season, there may be no option but to employ part-time workers. Local workers are subject to pressure from neighbours to do a good job, since it is well known that they are paid to maintain an identifiable road section.

When local labour is employed payment in due time is very important to obtain high quality output. For materials such as cement, culvert pipes, steel bars or base materials, these are provided by the government agency, while storage facilities are set up in villages close to the relevant road sections.

c. Self Help

Maintenance is undertaken voluntarily, without payment, by the local population but where tools are supplied or any payments are effected, it is considered a community contract even, when "self help" may be a motivating factor. Self Help is more likely to succeed when the original infrastructure is built by the villagers themselves for maintenance activities, such as paths, trails rather than tracks and roads, since these activities are simpler and in the direct interest of the users. The probability of such program to succeed decreases considerably, if the village population has no self help history and is not involved in the planning and construction of the road or if road services are stretched over more than one settlement.

RURAL TRANSPORT

Investment in infrastructures and transport networks in Africa have been non-existent. As far as maritime transport, the absence of real co-operation among the

national companies has enabled foreign ships to dominate maritime traffic in the sub-region. Despite few attempts by national companies to develop a sub-regional air transport network, this development has been blocked by protectionist regulations and limited demand. With rail transport, there is very little co-operation among African countries and in some case difference in rail gauges, (For example, Zimbabwe and Mozambique) makes cross-border transport very difficult. The great river routes are used in fewer areas and for short period of the year, as silting in many places has reduced considerably navigation. Even in areas where river represented the only economic route for large-scale transport in and out of the country or between countries is no longer possible because of lack in maintenance. As result of these various constraints, agricultural markets are poorly integrated, inter-regional and inter-seasonal price variations are far greater than they would be in presence of efficient transport facilities and incentives to switch from subsistence to market production are often weak. Where there is a surplus of production, often it has to be carried over considerable distances to markets or to roadsides from where vehicles can move it to processing facilities and or consuming centres.

Substantial amount of agricultural product in Africa is still head loaded from farm to market and or household, a task confined to women. Head loading practices limit the volume transported during harvest period. Alternative transport aids and on-farm storage, if available can increase individual farmer's productivity. In few localities, where fruits and vegetables production have developed, animal carts can help to reduce farm drudgery but it often necessitates widening footpaths and trails. As traffic volume increases, low cost feeder roads and structures paved the way for roads and motorised vehicles. Improvements in off-road transport are essential for rural people's well being and productivity. Although rural roads connecting cities and towns are critical, it is intimately connected to transport and related infrastructures for sustainability and reduction in production costs. Major efforts are needed to promote the use of locally appropriate means of transport.

Crossley, P (2003) classified rural transport into 3 sub sectors, namely traditional, intermediate and modern.

"Traditional" comprises head loading, pack animals (equines, camels and domesticated animals). It excludes "drawn" loads, such as donkey carts and ox carts. Its characteristic is associated with lower technology/ maintenance/ capacity/ skill/ speed but not necessarily opportunity or operating cost. The physical infrastructure is also of low level because paths or trails required for use with human and or animal transport modes is simple and essentially evolutionary and self sustaining. However, some benefits can usually accrue from upgrading aspects of the infrastructure, particularly via ensilage and storage of fodder and use

during dry period, animal health care and better management.

“Intermediate” lies between human or animal and engine power. It comprises mechanical devices: human-powered (bicycle, bicycle/trailer, tricycle, cycle rickshaw, wheel barrow, hand trolley), animal-powered (donkey cart, ox cart), engine powered (scooter, motor cycle, motor tricycle, motorcycle/ trailer), agricultural technology (single axle tractor/trailer, small tractor/trailer, dump truck and conventional tractor/trailer). The characteristics common to most of this apparently disparate range of vehicles are as follows:

a) Width.

With one or two exceptions, these are too wide to operate on normal animal trails or footpaths but sizes employed are usually narrower than that of commercial vehicles.

b) Capacity.

Maximum payload is generally greater than those of the traditional sector and smaller than those of commercial vehicles i.e. range 250 kg - 2 tonnes.

c) Speed.

Operating speeds are usually higher than those of the traditional sub-sector and lower than those of the modern ones. Most of the vehicles listed have maximum speeds in the range 5-30 km/h.

Combining the payload and speed characteristics gives operating performances which covers the whole range of the various sub sectors, as shown in Table: I. An interesting features of this analysis is the scope for its application in some developing countries, particularly in Africa, for increasing the intermediate sub-sector from its present very low base with due regard to local considerations, such as manufacture, foreign exchange constraints and infrastructure.

“Modern” is essentially automotive based vehicles. It includes pick-up trucks, commercial trucks and buses. Typical vehicles are the 10 tonne rigid truck operating independently or pulling 12 tonne trailer. Larger truck/semi-trailer units are increasingly used on long

haul, whereas for short haul, 5 tonne truck is commonly used. Buses are also used for carrying passengers in addition to their loads. The optimum infrastructure for operation is a fairly straight, flat road of adequate width and a smooth and durable all weather surface. However, the provision of such an infrastructure is very expensive and results in difficult decisions while allocating scarce resources between high cost vehicles and infrastructures.

Modern commercial vehicles are expensive to buy and operate but have a very high potential performance which can often justify their cost, provided that they are utilized at or near their optimum performance. Poor vehicle selection, matching, scheduling, driver training, maintenance/repair problems and spare parts provision play a significant role in reducing utilization of vehicles and increasing operating costs. These effects are made worse by the harsh conditions in which many vehicles have to operate and difficulties in obtaining sufficient foreign exchange for spares and fuel, delays in provision of spare parts and limited training resources. As a result of such constraints, the average annual usage of governmentowned trucks in some developing countries can be as low as 35000 km per year. By contrast, some well organised relief agency fleets manage to average 70000 km per year with long haul vehicles in the same conditions. Small scale private truckers often struggle with old vehicles, many different makes, very poor availability of spare parts, credit restrictions, poor repair facilities and, in some cases, government imposed tariffs which may not cover operating costs (including investment provision), but they continue to provide a vital service to the transport industry.

INTERACTIONS AND INTERFACES BETWEEN SUB-SECTORS

The sub-sectors commonly used are the "Traditional" or "Intermediate" from field to farm and local market or pick-up point, followed by the “Modern” sub-sector from local markets to urban centres by private traders or contractors. There appear to be considerable interaction between the "Traditional" and "Modern" sub-sectors; for example, animals and trucks often share the same rural roads. The normal operating speeds of the "Traditional" and "Modern" modes on main roads and load capacities

Table 1: (Source: FAO unpublished report, 2003, Crossley, P)

Rural Transport	Vehicle type	Payload (t)	Speed(km/h)	Performance(t/km/h)
Traditional	Donkey	0,05	5	0,25
Intermediate	Ox-cart	1	4	4
Intermediate	S/axle tractor	1	15	15
Intermediate	Large tractor	5	30	150
Modern	Truck-trailer	22	50	1100

differ. Thus, to transfer the load of a truck-trailer unit to donkeys efficiently would require an interface. For example, a grain warehouse having suitable capacity, access, loading and unloading facilities and management can accept loads from different sub-sectors, store them temporarily and transfer them to an alternate sub-sector on demand. However, the sub-sectors themselves interact only with the interface facilities and not with one another. There is a need to provide some kind of physical and organisational structure to ease the transfer of loads from one sub-sector to another. The nature and location of physical structures - such as stores and warehouses need to be flexible and informal, particularly as the sector operations overlap. A typical management structure might be provided by small scale transport contractors operating intermediate devices. It would be in their interests of individual farmers to liaise with the contractor or the latter to have suitable loads provided at nodal points, thereby avoiding or reducing the necessity to operate their vehicles on difficult access roads. Stores and depot at nodal points, where tracks join commercial roads are needed to ease the transport situation.

TRANSPORTATION, STORAGE AND DISTRIBUTION OF GRAINS (CEREALS AND LEGUMES)

To benefit fully from positive experiences elsewhere, one must link food security to performance of infrastructure. In Asia, intensive food production is coping with high population growth rate. Inaccessible areas are opening up and converging on the main roads enabling goods and passengers to be transported cheaply to markets and towns, schools and hospitals and making livelihood possible. Heinz et al (1993) pointed out that following a record harvest of paddy in Bangladesh in 1980, the lack of proper storage and marketing led to depressed prices the following year with widespread food shortages and demand for external aid.

Assuming one has relatively good roads and a reasonable level of maintenance, the next objective is the timely delivery of quality food. It involves an elaborate system of storage, handling and distribution, as food is transported over long distances from the point of delivery to the final distribution centre. Four main categories of transportation route can be identified:

- Long distance - the intercontinental and transcontinental routes for the import or export of large quantities of foodstuffs.
- Medium distance- the inter-regional and intra-regional road and rail routes for the distribution of commodities.
- Short distance- from national stores to distribution points such as regional or village stores.
- Very short distance- from distribution points to beneficiaries.

Grain should be dried before it is stored since heat builds up more quickly in stored wet grain. Well dried grain deteriorates slowly even at fairly high temperatures. Certain commodities, such as cereals and pulses are commonly transported in bulk or bags. However, at some point, they will have to be put into bags to facilitate handling and distribution. The point at which this can take place will depend upon the facilities for bulk handling. Food grain delivered in bulk is usually bagged off at the receiving end but it may be possible to transfer grain in bulk to transit storage sites where it can be put subsequently in bags. The construction of adequate storage facilities at all levels of the food chain could contribute a great deal to limit postharvest losses representing some 15 to 25% on the farm and 10 to 15% in trade. Likely advantages are: incentive to generate surpluses and reducing losses and dependence on food imports, as well as a reduction in consumer prices in urban centres. Little consideration has been given to the incorporation of local storage in rural areas. Small producer shipment usually travel in sacks, which are best suited to short term storage at transfer points and allow each producer to identify his own crop. Such in-transit storage facilities are frequently operated by merchants who buy the sacked produce on delivery and hold it until a full load is assembled. For short term storage losses (heat, insect and rodent) can be minimised by proper precautions such as cleaning and some degree of drying. In crib storage, continued drying occurs during storage. Long term grain storage intended to retain the quality of the crop requires both complete drying of grain and in airtight containers. In effect, the problems tied to transport and fluctuations in supply and demand create many uncertainties and risks for the effective functioning of trade in the region. Traders working under present conditions have developed virtual monopolies. They do not intervene unless they expect to realise substantial profits resulting in price disparities, of low producer prices and high consumer prices.

Regarding storage facility size is an important criterion. Small capacity storage facilities are acceptable for on-farm-storage, while larger capacity storage facility storage facilities are needed for village, community or cooperative storage activities. Improving storage capability requires an extension service input to explain and demonstrate the principles of storage technology and its benefits. These services are best provided by agricultural agencies.

Transport planners must be aware that successful storage facilities should meet local needs, utilise local resources and rely on local operational expertise. Inspection of stores must be done regularly (not less than once a week) and looking carefully for signs of pest infestation, dampness and mould damage, roof leaks and any other structural faults or security problems.

Any pest control measures (rodents, birds) which may have been disturbed by loading or unloading activities in

the store should be noted and appropriate action should be taken as soon as possible to repair any damage or correct any faults. Sampling inspections should be done monthly or whenever visual inspection of the stocks indicates the need.

References

- FAO, Compendium of key statistical indicators for least developing countries, Statistics division, Economic and Social Department, October 2000.
- Heinz-Ulrich Thimm et al, Regional food security and rural infrastructure, Vol.1, 1993
- Beenhakker, H.L. et al, Rural transport services, Intermediate Technology Development Group, publication, 1987.
- Sacharow, S and R. C. Griffin, Food packaging, AVI publishing company, 1970.
- Walker, D, J. Food storage manual, World Food programme & Natural Resources Institute, 1992.
- FAO, Food crop and shortages, publication No. 1, <http://www.fao.org/gIEWS/> Feb. 2004.
- ASEAN returnable container systems workshop report , 7-9 April 1983, Bangkok, Thailand, Asean Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Grandin, T. Editor “Livestock handling and transport,”
- World Bank, ‘rural infrastructure in Africa: policy directions’, Africa Region working paper no.18, June 2001.
- Dawson, J and I. Barwell (1993) in “Rural roads are not enough”, Intermediate Technology Development Group publication.
- Crossley, P. Unpublished internal report, 2003.

QUELLES TECHNIQUES D'ENTRETIEN POUR LES ROUTES RURALES DU RIF ET DU PRE-RIF ?

A. Janati Idrissi¹

Résumé

Les techniques adoptées actuellement pour l'entretien des routes rurales dans la région du Rif et du pré-rif sont basées sur l'utilisation des matériaux en grave non traitée, concassés ou semi concassés, avec des épaisseurs qui varient de 15 à 25 cm surmontée d'un enduit superficiel bicouche.

Compte tenu des spécificités de la région du rif et du pré-rif, caractérisées notamment par un terrain instable et un relief montagneux, les techniques d'entretien pratiquées actuellement posent des problèmes d'adaptation à l'environnement climatique et géotechnique

La présente communication a pour objet de proposer des techniques d'entretien des routes rurales, économiques et adaptées aux spécificités de la région du Rif et du pré-rif, susceptibles d'assurer une durée de vie normale et un niveau de service correct.

1. INTRODUCTION

Les techniques adoptées actuellement pour l'entretien des routes rurales dans la région du rif et du pré-rif sont basées sur l'utilisation des matériaux en grave non traitée, concassés ou semi concassés avec une épaisseur qui varie de 15 à 25 cm surmontée d'un enduit superficiel bicouche au bitume fluidifié ou à l'émulsion de bitume.

2. ETAT DU RESEAU DANS LE RIF ET LE PRE-RIF

L'état des routes en 2004, dans les provinces situées dans le rif et le pré-rif est présenté dans le tableau ci-après :

Par rapport à l'état du réseau au niveau national, l'état des routes dans les provinces du rif et pré-rif est inférieur de 6 points par rapport à la moyenne nationale qui est de 64,7 % de A+B.

Les principales dégradations caractérisant les chaussées de ces régions sont :

- Les déformations
- Les épaufrures
- La fissuration
- Les nids de poules

3. TECHNIQUES D'ENTRETIEN PRATIQUES DANS LA REGION DU RIF ET PRE-RIF

La région en question est caractérisée par la présence d'un sol instable de mauvaise portance, d'un relief accidenté et d'un environnement agressif.

Les techniques d'entretien pratiquées dans cette région sont généralement:

- des renforcements en graves non traitées semi concassés de type GNA, GNB ou GNC avec une épaisseur de 15 à 25 cm surmontée d'un enduit superficiel bicouche ou

DRE/DPE	Longueur	A+B en Km	%	C+D en Km	%
Al Hoceima	538	317	58,90%	221	41,10%
Chefchaouen	633	391	61,80%	424	38,20%
Nador	814	475	58,40%	339	41,60%
Tanger	335	207	61,80%	128	38,20%
Taounate	1017	530	52,10%	487	47,90%
Taza	1267	820	64,70%	447	35,30%
Tétouan	241	109	45,20%	132	54,80%
Total	4845	2849	58,80%	1996	41,20%

A : état bon

B : état moyen

¹ Chef de la DEESR à la DRCR

- des revêtements en enduits superficiels bicouche pour le renouvellement des couches d'usure.

Certaines routes ont été traitées en :

- enrobés bitumineux, cas de la RN6 entre Fès et Taza, la RN8 entre Fès et Taounate, N2 à Nador,...
- grave – émulsion : cas de la RN2 entre Chefchaouen et Al Hoceïma, la RR505 entre Taza et Kassetta, la RR509 entre Khlalfa et Issaguen,...

4. PROBLEMATIQUE DES TECHNIQUES UTILISEES

Les techniques d'entretien utilisées actuellement dans ces régions posent les problèmes suivants :

Qualité de l'uni Les travaux de renforcement en GNT s'exécutent généralement sous circulation, compte tenu de l'existence d'un relief montagneux et de l'impossibilité de réaliser des pistes de déviations pour le trafic. Ceci se répercute sur la qualité de l'uni de la chaussée à la mise en service.

Environnement agressif

L'environnement immédiat de la route fait généralement l'objet des travaux de traitement. Mais ces travaux demeurent insuffisants ou inadaptés aux contextes rencontrés. Par ailleurs, l'infiltration des eaux dans le corps de chaussée réduit la portance de la route et crée des points névralgiques qui se traduisent par l'apparition de dégradations structurelles de la route sous forme de nids de poule et de déformations de grandes amplitudes.

Epaufures et autres dégradations

Les routes rurales construites au niveau de ces régions disposent généralement des chaussées de 4 m de largeur. Après leur mise en service, les épaufrures au niveau de la jonction chaussée-accotements apparaissent d'une manière prématurée. Cette dégradation affecte le niveau de service de la chaussée et la sécurité des usagers de la route.

5. PROPOSITION DE TECHNIQUES ADAPTEES ET ECONOMIQUES

5.1. Reprofilage en enrobés et enduit superficiel Cette technique peut être adoptée quand la chaussée est caractérisée par :

- des dégradations superficielles affectant uniquement la couche d'usure
- des dégradations structurelles ponctuelles de types: nids de poules, affaissements, faïençage, déformations
- du ressuage ou du glaçage.

Le reprofilage aux enrobés permet traiter les sections dégradées et améliorer l'uni de la chaussée avant l'application de la couche de roulement en enduit superficiel.



Couche de roulement en enduits superficiels

5.2. Purges et enduit superficiel

La technique de purges consiste à enlever les matériaux contaminés et reconstituer le corps de chaussée par des matériaux neufs. Cette technique paraît intéressante quand les dégradations sont ponctuelles sur une section donnée. Généralement, les structures utilisées sont de type :

Pour une route à fort trafic:

20GNF+20GNA+10GBB+ 7EB

Pour les routes à moyen et faible trafic:

20GNF + 20GNB + RS

Le revêtement généralisé de la chaussée se fait après ce traitement. Cette technique présente deux avantages; à savoir :

- Avantage d'ordre technique : le fait d'enlever les matériaux contaminés et renouveler le corps de chaussée permet d'obtenir une longue durée de vie de la chaussée
- Avantage d'ordre économique : cette technique permet d'éviter des renforcements de chaussée généralisés et coûteux. Dans plusieurs cas, un simple enduit superficiel, après le traitement des points névralgiques, peut suffire.

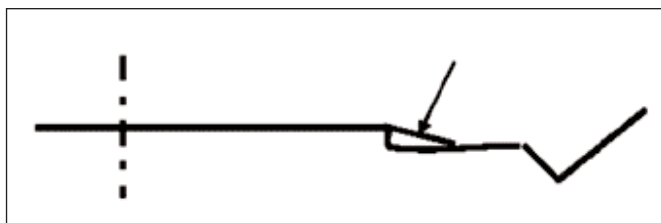


Purges latérales et reconstitution du corps de la chaussée

5.3. Traitement des épaufrures aux enrobés à froid

Les routes du rif et du pré-rif sont souvent caractérisées par l'apparition d'épaufrures. Cette dégradation résulte souvent des effets conjugués du trafic et du ravinement des accotements. Les traitements adoptés et qui consistent généralement en le rechargement des accotements avec des matériaux sélectionnés, ne permet pas d'assurer une longue durée de service de la route.

Ainsi, il est proposé d'opter pour un traitement des épaufrures en enrobés à froid en réalisant des coulisses de 20 à 50 cm de largeur de part et d'autre de la chaussée.



Coulisse en EAF



Epaufrures traitées en EAF sur la RN8 à Khénifra

5.4. Traitement en grave – émulsion

La GE est un matériau obtenu à partir d'un mélange d'émulsion, de granulats et d'eau et éventuellement d'additifs dosés et malaxés à froid dans une centrale appropriée. La GE est ensuite transportée et mise en œuvre sur chaussée.

La GE s'adapte bien aux déformations de la chaussée qui caractérisent les routes du rif et du pré-rif. La GE peut être utilisée pour les travaux neufs et pour travaux d'entretien au niveau des routes à moyen et faible trafic (T2, T3 et T4). La GE pour reprofilage est utilisée sur des épaisseurs de 0 à 6 cm. La GE pour renforcement est utilisée sur des épaisseurs de 6 à 12 cm.

La couche de roulement est traitée en enduit superficiel bicouche ou en enrobés coulés à froid.

6. CONCLUSION

Les techniques d'entretien des routes rurales du rif et du pré-rif proposées ci-dessus peuvent résoudre certains problèmes spécifiques caractérisant ces régions. Elles peuvent également améliorer et le niveau de service des routes et prolonger leur durée de vie.

RURAL ROAD PAVING FOR MANAGEABLE MAINTENANCE

Robert Petts¹, Dr Jasper Cook² & Pham Gia Tuan³

Abstract

The lack of year round access to many rural communities is a serious constraint to social and economic development, and poverty reduction. Poor access limits the effectiveness of agricultural, commercial, educational and health initiatives though unreliable travel and high unit transport costs for crops, goods, services and people. Previous rural transport initiatives have usually concentrated on the provision of gravel roads for all year rural access. However, experiences have shown that these roads, although relatively cheap to construct, are often an unsustainable maintenance burden for many rural communities and road authorities, and are rarely maintained in a serviceable condition.

The paper describes recent DFID funded research on alternatives to gravel roads in Vietnam and elsewhere. A range of proven, low-cost, rural road paving options is available that are suitable for construction and maintenance by Small and Medium Enterprises (SMEs). The paper also reviews these alternative surfacing options. Most of the paving options require little capital investment in equipment, use labour-based techniques and can optimize the use of local materials resources. They can utilize locally made or available simple equipment, thus promoting local manufacturing and low-cost appropriate equipment ownership. For many of these techniques overhead costs could be reduced and a higher proportion of the costs could be recycled in the local community and therefore facilitate poverty reduction.

The maintenance burden is usually lower than for gravel roads, and whole life costs can be cheaper than for the provision of a gravel surface.

Key Words: Rural, Road, Maintenance, Surface.

1. BACKGROUND – THE CHALLENGE

In many developing countries, the main road network carries about 80 to 90 per cent of passenger and freight transport and it is, therefore, of key importance to the national economy.

Main road networks are understandably given high priority in the allocation of investment and maintenance funds in recognition of their economic importance. Conversely, rural roads may make up over 80 per cent of the road network length, but are given lower priority in the allocation of funding because they carry much lower volumes of motorised traffic. Despite this, these rural roads are of vital importance to rural communities for their economic and social wellbeing and reduction of poverty. There is an established link between poverty and poor access (example Figure 1).

The rural poor do not have motor cars. However they need reliable access for affordable transport or services (both motorised and non-motorised) such as bicycles, motorcycles, animal carts, minibuses, buses,

whether owned or hired. Even if a vehicle ride is too expensive for them, they will still depend on the transporters that bring the medicine and teachers to the

village, or carry crops. The essential challenge for engineers and road managers is therefore how to provide and maintain this rural access for the types of traffic currently in use, on a sustainable basis with the limited resources available.



Source: Vietnam 2002 Living Standards Survey

1. BSc CEng MICE MIHT MIAgrE, Intech Associates (Hanoi, Vietnam)

2. MSc CGeol, MIHT, FGS, TRL Ltd (Hanoi Vietnam)

3. BSc, Intech-TRL (Hanoi, Vietnam)

Unsealed rural roads with earth and gravel/laterite surfaces comprise the greater proportion of the length of public roads in rural areas in developing regions⁴. Globally, they account for almost 60 per cent of the main road network, or about 1.2 million kilometres. In addition, there exists an estimated 5 to 6 million kilometres of designated minor roads and motorable tracks, and an extensive network of undesignated tracks and paths, probably several times the extent of the designated network⁵.

Engineers have traditionally relied on the use of natural gravel/laterite as a rural road surface, due to its initial low costs and simplicity of use. However recent research⁶ confirms the serious problems relating to maintenance and sustainability of such surfaces in many situations common in South East Asia. This experience is valid for certain combinations of conditions in other regions. There are also health and environmental concerns regarding the widespread use of gravel.

2. THE LIMITATIONS OF GRAVEL

The word gravel is used within this document to denote any naturally occurring granular material, including laterite gravel, used as a road surfacing material. The experiences also apply in many circumstances to (often more expensive) graded crushed rock aggregate. Gravel is a “wasting” surface. Material is lost from the surface of the road due to the action of traffic and rainfall.

Natural gravel should only be used for rural road surface applications in situations where certain conditions are fulfilled. In general, **gravel should not be used where:-**

- ❑ **Gravel quality is poor:** Gravel should comply with grading and plasticity requirements, and not break down under traffic, otherwise it will be lost from the surface at a high rate. Natural gravel quality varies substantially within each pit location and with depth. Great care is essential to ensure that only suitable material is selected, and that mixing of marginal/unsuitable material is avoided,
- ❑ **Compaction & thickness cannot be assured:** uncompacted surface gravel will be less durable. Supervision arrangements should ensure that the full specified compacted thickness is placed,
- ❑ **Haul distances are long:** if haul distances are longer

than 10km, then other surface types may be cheaper in whole life cost terms. Hauling gravel for construction and periodic maintenance causes damage or further maintenance liabilities to the haul routes,

- ❑ **Rainfall is very high:** Gravel loss is related to rainfall and may be excessive with intense storms or where annual precipitation is greater than 2,000mm,
- ❑ **There are dry season dust problems:** long dry seasons can allow the binding fines to be removed from the surface by traffic or wind. This is particularly problematic where communities live beside the road or their crops and property are regularly coated in dust. Inhalation of road dust is unhealthy and there are also visibility-safety issues,
- ❑ **Traffic levels are high:** gravel loss is related to traffic flows. It is unlikely that a gravel surface will be cost-effective at traffic flows of more than 200 motor (2 or more axles) vehicles per day.
- ❑ **There are Longitudinal Gradients:** Gravel should not be used in low rainfall situations (< 1.000 mm/year) on longitudinal road gradients of more than 6%. In medium rainfall areas (1.000 – 2,000 mm/year) gravel loss by erosion will be high on gradients of more than 4%.
- ❑ **Adequate maintenance cannot be provided:** Gravel is a high maintenance surface requiring both routine reshaping/grading and expensive periodic re-gravelling. Neither are achieved to adequate levels in many Emerging and Developing nations due to funding and operational constraints^{7,8}.
- ❑ **Sub-grade is weak or soaked (flood risk):** Weak subgrades (in-situ foundations) require additional thickness of residual gravel to prevent traffic “punching through” to the subgrade. Flooding can seriously damage gravel surfaces,

or,

- ❑ **Gravel deposits are limited / environmentally sensitive:** Gravel is a natural and finite resource, usually occurring in limited quantities. Once deposits are used up, subsequent periodic re-gravelling will involve longer hauls and higher maintenance costs.

Even in simple combinations of some of the above factors, gravel can be lost from the road surface at rates

4. Vietnam has a road network of approximately 210,000 km, of which over 100,000 km are to earth standard.

5. *Paving the way for rural development & poverty reduction*, Gourley, Greening Jones & Petts, CAFEO 20, 2002.

6. *Rural Road Gravel Performance Assessment investigations in Vietnam*, SEACAP 4, by Intech-TRL.

7. *In Cambodia it is estimated that a gravel rural road typically requires about US\$1,600 per km per year for maintenance. These resources are simply not available on a national network basis - Rural Road Investment, Maintenance and Sustainability, A Case Study on the Experience in the Cambodian Province of Battambang*, D Johnston and D Salter, May 2001.

8. *Roads 2000, a programme for labour and tractor based maintenance of the classified road network, paper for the RMI road maintenance policy seminar, Nairobi 2 - 5, Petts June 1992*

of more than 3cm per year, leading to the need to re-gravel at very frequent intervals⁹. The funding and resources are usually not available to achieve this and the surface will invariably deteriorate and revert to an earth surface.

3 RECENT RESEARCH IN VIETNAM

Intech-TRL have recently completed, as part of SEACAP¹⁰, a condition survey of a representative selection of unsealed and gravel rural roads in Vietnam. This Rural Road Gravel Assessment Programme (RRGAP) survey, which included in situ and laboratory testing of the road materials, has been conducted on 269 roads and 766 cross sections constructed with a variety of materials (Figure 2), in rainfall environments of between 850 and 3.000mm/year.

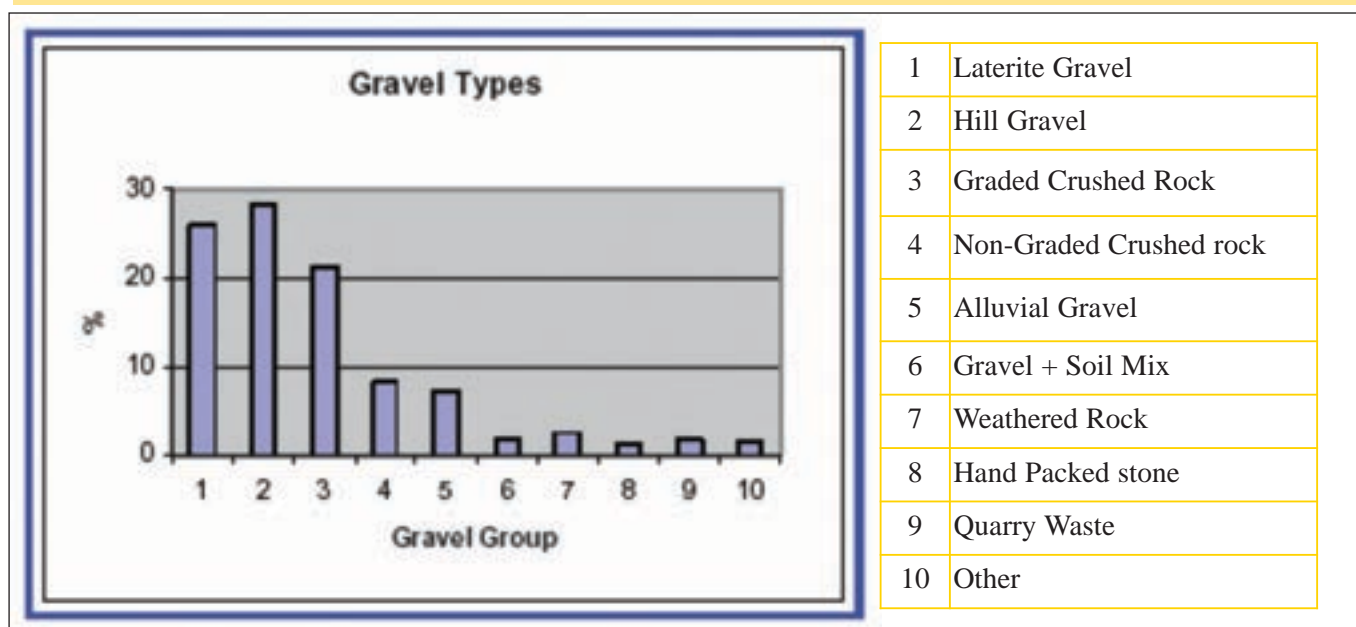
Analysis of the results has been finalised¹¹. Issues identified relating to the general use of gravel materials on rural roads include the following:

1. Gravel material loss from the road surface is highly variable (Figure 3), with material type, drainage, sub-grade condition, gradient and rainfall being key factors. Many gravel roads have typically 80-90% of the road in fair to good condition after only a year or two of service, with some sections (10-20% of the length) in poor condition. This suggests a need to consider a spot improvement, or composite

construction approach, in which at-risk or difficult sections are given a higher quality, more durable surface.

2. Many of the materials are not within widely accepted specification parameters. Hence a need to consider a design and quality assurance approach that specifies appropriate local materials rather than a blanket overall specification. Also a pragmatic approach is required to materials selection and approval, particularly in a remote location, constrained-resource environment, lacking good testing facilities and arrangements.
3. 75% of the surveyed roads have received no effective maintenance at all since construction. This emphasises the need either to construct road surfaces that are robust enough to withstand a low maintenance regime, or to put in place effective road maintenance arrangements that are not hampered by local funding or operational constraints, or skill and resource shortages. A coherent design and maintenance strategy is required, that recognises life cycle costs and the realities of maintenance capacity. It should be appreciated that effective maintenance regimes usually take decades, rather than years, to develop.
4. Two provinces outside of the RRGAP programme with very high rainfall (>3500mm/year) immediately overlaid the donor-sponsored gravel surfaces at their

Figure 2: RRGAP Range of Materials Employed as Unsealed Road Surfaces



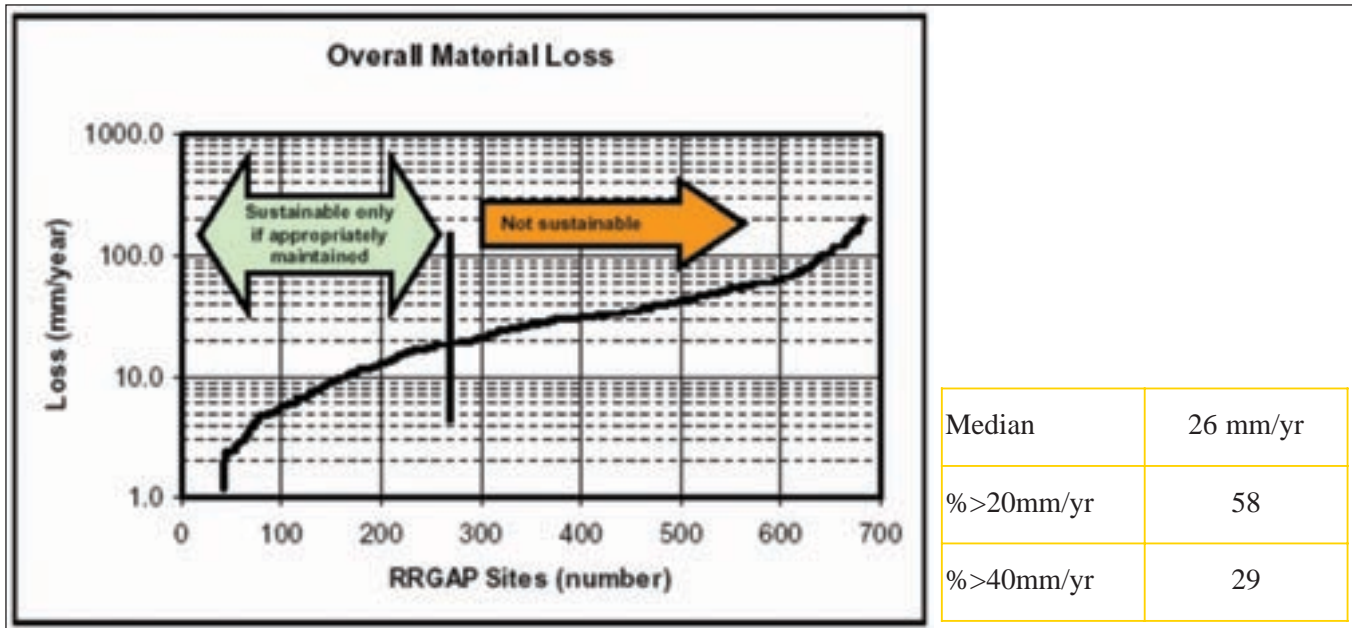
1	Laterite Gravel
2	Hill Gravel
3	Graded Crushed Rock
4	Non-Graded Crushed rock
5	Alluvial Gravel
6	Gravel + Soil Mix
7	Weathered Rock
8	Hand Packed stone
9	Quarry Waste
10	Other

9. Required regravelling frequencies of 3 years or less are reported in some locations.

10. SEACAP – South East Asia Community Access Programme, funded by DFID, World Bank and ADB.

11. Intech-TRL, Rural Road Gravel Assessment Programme (RRGAP), Vietnam, Module 4 Final Report, July 2005.

Figure 3: Adjusted Apparent Material Loss Summary



own cost, usually with concrete or bitumen penetration macadam. Besides the need for better surface selection procedures, this suggests the possibility of a staged construction approach to some rural roads, in which an initial unsealed surface may be overlain at a later date with an appropriate seal. However, indications are that a gravel wearing course would not usually be suitable for this approach unless sealing was guaranteed to be undertaken within a short period, or certainly before the onset of the first rainy season in high rainfall areas.

The results of the research have been published in July 2005. However it is clear that extensive awareness creation and training initiatives will be required to improve knowledge and decision making for policy makers, managers, engineers, contractors and communities regarding the challenges and constraints of the use of gravel and unsealed surfaces on rural roads. This paper supports that strategy.

4 PREVIOUS “RULES OF THUMB”

Previous sector “Rules of Thumb” indicated that gravel could be suitable for roads with traffic flows of between 50 and 200 motor vehicles per day (vpd). These guidelines suggested that earth roads would be suitable

for traffic flows up to 50 vpd. However, such guidelines are extremely misleading, as some soils are totally inappropriate to support any traffic flows whatsoever. Furthermore, the criteria listed previously demonstrate that even gravel should never be considered for some combinations of conditions. Furthermore, research in Southern Africa has shown that low cost bituminous seals can be justified at flows of only 70 motor vehicles per day^{12,13}. It is likely that full whole life costing of surface options will show that natural gravel is NOT the most cost-effective surface in most situations. It is necessary to be more rigorous in evaluating the options for rural and access road surfacing. Long hauls, high rainfall, high traffic, poor material, steep gradients, flooding, poor construction practices, lack of maintenance capacity and other extremes of condition will exclude gravel from being the most appropriate surface in many circumstances.

Figure 6 shows the guidelines for gravel rural road surface selection produced for the Ministry of Transport, Vietnam, based on the gravel road performance research.

5. THE PROVEN ALTERNATIVES TO GRAVEL

Fortunately there is a range of proven alternatives to natural gravel. Some of these have similar initial

12. Performance of low-volume sealed roads: Results and recommendations from studies in southern Africa. TRL Project Report PR/OSC/167/99. Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, UK, CS Gourley and PAK Greening, November 1999.
 13. New approaches for the provision of low volume sealed roads. 20th Annual South African Transport Conference. Pretoria, South Africa, PAK Greening and CS Gourley, July 2001.

construction costs to gravel in certain circumstances. Most have better whole life cost¹⁴ attributes and lower maintenance liabilities.

Poor people often rely on non-motorised transport, motorcycles and simple trucks for their transport needs. On many soils, an engineered earth road is sufficient to provide basic access for these vehicle types, provided that specific, limited location constraints, such as watercourse crossings and steep gradients are adequately engineered with spot improvements. The camber and drainage must of course be maintained using appropriate, low cost techniques. Engineered Natural Surfaces therefore have enormous scope to improve access at very low costs for poor rural communities.

Engineers need to give greater attention to improving these basic access routes which often constitute more than 50% of the rural networks in developing countries. Low cost construction and maintenance techniques using local labour and simple equipment have an important role to play. These techniques are particularly suitable for implementation by small enterprises or communities. They use the locally available labour and have negligible capital requirements. Such Engineered Natural Surfaces (ENS) can be provided for less than US\$2,000 per km in many situations, including the necessary low cost drainage measures. Low cost grading of ENS can be achieved for as little as US\$25 per km of grading using simple locally made equipment (Figure 4).

However in some circumstances the in-situ soils are just too weak to support any traffic in the wet, and must be covered. For these situations, there is a range of alternative surfacing and paving options already proven in various countries that could provide appropriate, economical and sustainable alternatives to natural gravel

in developing countries. Suitability will depend on local circumstances. These alternatives, involving the appropriate use of locally available materials, may be cheaper in whole-life-cost terms. Many can be carried out by small and medium enterprises using low-capital, labour based and light equipment methods.

Communities themselves could use some of the techniques to improve their own access. The alternative surfaces should have lower (and more manageable) maintenance requirements than gravel, not only in terms of cost but also by reducing the need for (imported) heavy equipment to transport and compact. Their environmental impact could be substantially less.

The rural road surfacing options are summarised in Figure 7. These are all proven surfacing techniques. Guidelines on the use of these alternative surfaces and pavement layers have been compiled and successfully implemented in a number of countries. Similar documents are currently being compiled for South East Asia by Intech Associates-TRL, based on research work in Cambodia, Vietnam and elsewhere.

6. SUITABILITY FOR SMALL & MEDIUM ENTERPRISES (SMES)

The rural transport sector in many developing countries is characterized by the dominance of large construction enterprises using capital intensive methods for construction and maintenance works. These contractors have high overhead costs and their mobilization to the rural areas is expensive. Small and Medium Enterprises (SMEs) are generally poorly developed and have limited opportunities to penetrate the market.

However, if encouraged, SMEs would be particularly well suited to carrying out rural road construction of the alternative surfacing options due to:

Figure 4 - ENGINEERED NATURAL SURFACES: Maintainable using simple locally made equipment



14. Whole Life Costs – discounted total construction and maintenance costs through the nominal life of the road.

Figure 5:

There are many Proven Rural Road Surface Options using:

- Stone
- Bitumen
- Concrete
- Brick



They can have better Whole Life Cost & Local Resource Use attributes than gravel.

Intech Associates 

- ❑ Possibility to be based in the rural areas with low mobilization costs,
- ❑ Low capital and set-up requirements,
- ❑ Inter-sector flexibility; possibility to provide services to a range of sectors and clients,
- ❑ Good market entry point for small entrepreneurs,
- ❑ Possibility to use affordable simple equipment, either owned or hired,
- ❑ Possibility to use local labour skills such as carpentry and masonry,
- ❑ Less pressures for corrupt practices, as they are part of the local community,
- ❑ Less opportunities for HIV-Aids infections due to less labour imported into the community,
- ❑ More of the costs recycled into the local community in employment of local labour, local tools production, local transport, local materials and profits,
- ❑ Construction skills developed in the local community which can be utilized for maintenance and other activities,

- ❑ Low overhead costs.

However, investigations have shown that these enterprises often suffer from a number of constraints that prevent them from establishing, surviving and delivering low cost infrastructure services to the rural communities. These constraints include:

- ❑ Barriers, bureaucracy or costs of establishing SMEs,
- ❑ Inadequate Government policy framework to support the SME sector for rural roads,
- ❑ Insufficient public awareness of the potential benefits of SME rural roadworks implementation,
- ❑ Lack of appropriate contract documentation, pre-qualification & bidding procedures, standards and specifications, financial and performance audit, dispute resolution for small scale works, in place,
- ❑ Contract pre-qualification too demanding, for example 3 years previous experience of similar work,
- ❑ Contracting procedures and requirements usually (unnecessarily) demand heavy equipment holdings,

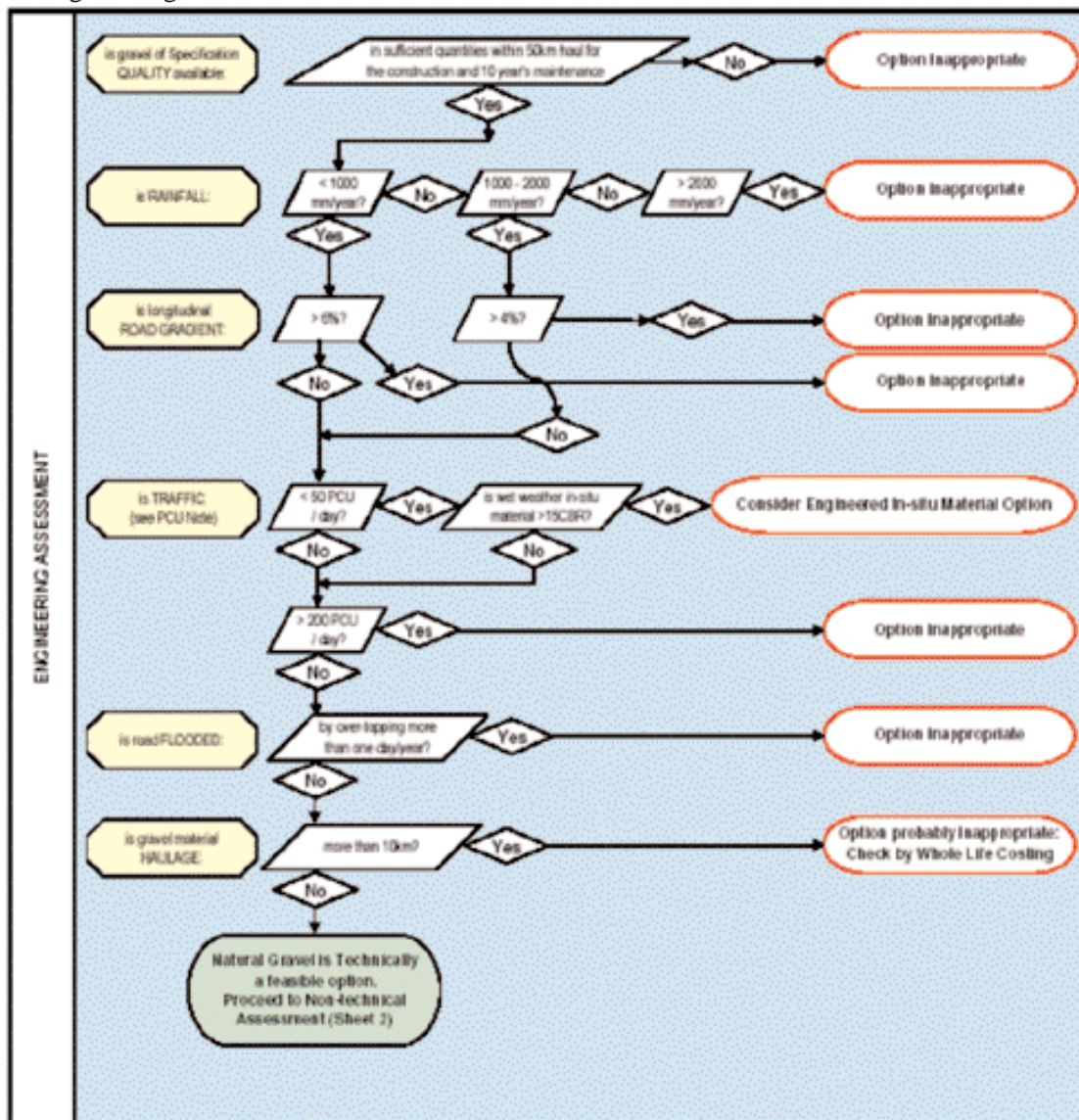
- ❑ Lack of access to capital or credit for equipment purchase or cashflow,
- ❑ Lack of opportunities to hire equipment,
- ❑ Poor contractors' capacity in costing and planning works,
- ❑ Inadequate access to low cost training, documentation and guidelines on small scale roadworks,
- ❑ Contract technical solutions are usually restricted to gravel and macadam surfaces,
- ❑ Lack of sustainable local funding for small rural road

- works contracts and maintenance,
- ❑ Lack of market and sustainable workload for SMEs,
- ❑ Lack of representation of SMEs (e.g. business association),
- ❑ Late and/or non-transparent payments for locally funded work,
- ❑ Corruption in award and payment for work.

The national sector stakeholders must cooperate to overcome or minimise these constraints, drawing where

Figure 6: Decision Flow Chart for the Consideration of Natural Gravel as a Rural Road Surface Option

SHEET 1 - Engineering Assessment



NOTES: PCU = Passenger Car Unit (other vehicle types to be converted from traffic surveys and maximum predicted daily flows for next 3 years).
 CBR = California Bearing Ratio - Strength in situ measured by DCP, or to be decided by visual assessment
 DCP = Dynamic Cone Penetrometer
 Engineered Insitu Material = Earth Road Standard with maintained camber and effective drainage system

Figure 7: Rural road surfacing guidelines

Using Local Resource Based Methods

Focusing on the use of local labour, materials, enterprises and the community themselves.

Broad suitability guidelines are indicative only - dependant on site conditions and environment.

Number Type of Surface

- 1 Engineered Natural Surface
- 2 Soil Stabilisation
- 3 Natural Gravel / Laterite
- 4 Water Bound Macadam
- 5 Dry Bound Macadam
- 6 Crushed Stone Macadam
- 7 Hand Packed Stone
- 8 Telford Paving
- 9 Cobble Stones
- 10 Stone Setts or Pavé
- 11 Dressed Stone
- 12 Mortared Stone
- 13 Stone Chippings
- 14 Slurry Bound Macadam
- 15 Bituminous Sand Seal
- 16 Bituminous Chip Seal
- 17 Slurry Seal
- 18 Ottaseal
- 19 Penetration Macadam (Bitumen)
- 20 Pre-Mix Macadam (Bitumen)
- 21 Burnt Clay Brick
- 22 Concrete Brick
- 23 Un-reinforced Concrete
- 24 Steel Reinforced Concrete
- 25 Bamboo Reinforced Concrete
- 26 Geo-cell Paving
- 27 Stone Chipping Blinding

Type of Roadbase or Subbase

- 1 Soil Stabilisation
- 2 Natural Gravel / Laterite
- 3 Water Bound Macadam
- 4 Dry Bound Macadam
- 5 Crushed Stone Macadam
- 6 Hand Packed Stone
- 7 Telford Paving
- 8 Slurry Bound Macadam
- 9 Sand Aggregate
- 10 Armoured Laterite
- 11 Pulverised Fuel Ash

SUITABILITY FOR TRAFFIC

As a Road Surface

Light Medium Heavy



Application suitability depends on various factors.



Traffic

Light: Mainly non-motorised, motorbikes & less than 25 motor vehicles per day, with few medium/heavy vehicles

Medium: Up to 100 motor vehicles per day including up to 20 medium (10t) goods vehicles

Heavy: Accessible by all vehicle types including heavy and overloaded trucks

Notes

- 1. Assumes that adequate specifications, thickness & foundations are provided for each surface type.
- 2. Engineered Natural Surface suitability depends on soil type and environment
- 3. Suitable for Heavy Traffic in Multiple Seal applications

References

- Gleeson, Fergus. Low Cost Surface (LCS) Options Trials, Conclusion of Construction Phase, Intech Associates, 2002.
- Gourley, G. S. and Greening, P.A. K., Performance of low-volume sealed roads: Results and recommendations from studies in southern Africa. TRL Project Report PR/OSC/167/99. Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, UK, November 1999.
- Gourley, Greening, Jones & Petts, Paving the way for rural development & poverty reduction, CAFEO 20, 2002.
- Government of Vietnam, Living Standards Survey, 2002.
- Greening P. A. K. and Gourley, G. S., New approaches for the provision of low volume sealed roads. 20th Annual South African Transport Conference. Pretoria, South Africa, July 2001.
- Intech Associates, Roads 2000 Pilot project and investigations, Kenya, 1990 – 1996.
- Intech Associates, Proceedings of Contracting Development Workshops, Zimbabwe, 1997-9.
- Intech Associates, Low cost surfacing research, KaR 7782, 2000 – 2004.
- Intech Associates -TRL, Rural Road Gravel Assessment Programme (RRGAP), Vietnam, Module 4 Final Report, July 2005.
- Intech Associates – TRL, Rural Road Surfacing Research, Vietnam, 2002 – 2004.
- Johnston, D. and Salter, D., Rural Road Investment, Maintenance and Sustainability, A Case Study on the Experience in the Cambodian Province of Battambang, May 2001.

possible on the experiences and support of overseas partners and the knowledge and experiences of sector experts.

7. REDUCING THE MAINTENANCE BURDEN

Gravel road surfaces are justified in many developing countries using unrealistically low construction and maintenance cost norms that are inappropriate not only in terms of provision of an adequate quality initial surface, but also in the true cost of provision of the necessary maintenance environment to sustain a gravel surface. Routine maintenance is a fundamental and integral part of the yearly working life of these roads, much more so than for comparative sealed surfaces, and it is misleading to ignore the real cost of this work in budget assessments. These surfaces not only require the routine maintenance of other surfaces such as patching and offroad drainage clearing, but regular grading of the surface is necessary. This is required to reshape the surface to effectively shed the rainwater to the side of the road and prevent softening and defects formation caused by standing water. Normally, a camber of between 3% and 7% should be maintained. The grading activity is required to be carried out usually on a basis of 1-6 times a year depending on local conditions. This liability requires a well organised and funded routine maintenance organization. This is rarely found in a developing country.

Routine maintenance is a very challenging logistical requirement for gravel roads, however the periodic re-gravelling requirement is the specific burden that usually makes gravel roads an unaffordable and unsustainable surface option in many circumstances. The rates of gravel loss found in even many low rainfall environments cannot be replenished by the road authorities, due to lack of sufficient recurrent funding and resources (logistical and material). Inevitably many gravel roads revert to poor earth standard through lack of, or delayed, re-gravelling.

Whole life costing of the construction and maintenance of a gravel road and feasible alternatives will often show the gravel to be unsuitable in many circumstances. This will be particularly true where the capacity to provide effective and timely maintenance (or lack of it) is realistically evaluated and built into the costing process. The evident common cycle of constructing gravel roads and re-constructing them later through delayed or inadequate maintenance is a very high cost and unsustainable approach, and an irresponsible waste of scarce resources.

Whole life costing should be carried out based on local costing and surface performance evidence. Transferring experiences from other physical, climatic and operational environments needs to be carried out with care, making due adjustments for local conditions.

8. CONCLUSIONS

A range of proven, low-cost, rural road paving options exist as an alternative to the use of problematic natural gravel as a road surface. The low cost paving options usually have a number of economic, social, health and environmental advantages over gravel. These alternative paving techniques are suitable for construction and maintenance by Small and Medium Enterprises (SMEs). Most of these paving options require little capital investment, use local resource based techniques and can optimize the use of local materials.

The alternative surfaces often have lower maintenance requirements and lower whole life costs than gravel surfaces (depending on a range of local factors). Wider adoption of these alternative surfaces would reduce the overall network maintenance funding and works burden.

However there are a range of constraints that currently prevent these technical and operational approaches from being widely used in developing countries. Initiatives are required to be taken by governments, road authorities, contractors' associations and donor agencies to tackle these constraints to "mainstream" the rural road surface alternatives and to develop a vibrant market for rural infrastructure works. This will enable SMEs to establish and survive to deliver appropriate low cost road infrastructure solutions to the rural communities. This would provide an important improvement in the prospects for social and economic development, and rural poverty reduction.

References

- Larcher, Paul. Miles, Derek. & Petts, Robert., MART Working Paper No 5, Workshop Report, Intermediate Equipment for Labour-Based Roadworks, Accra, Ghana, 19 & 20 April 1996.
- Lebo J and Schelling D, Design and Appraisal of Rural Transport Infrastructure. Ensuring basic access for rural communities. World Bank Technical Paper No. 496, 2001.
- Miles, Derek., MART Working Paper No.1, Towards Guidelines For Labour-Based Contracting, A framework document, MART and ILO, 1995.
- Petts, Robert, Roads 2000, a programme for labour and tractor based maintenance of the classified road network, paper for the RMI road maintenance policy seminar, Nairobi 2 - 5 June 1992.
- Petts, Robert., Low Cost Surfacing, Working Paper No 1-Rationale for the compilation of international guidelines on lowcost, labour-based, alternative & sustainable road surfacings, March 2002.
- PIARC, 1994, International Road Maintenance Handbook.
- WSP, Report on Contracting Constraints in the Rural Roadworks Sector, Vietnam, 2002.

IDENTIFICATION DES BESOINS EN DEVELOPPEMENT DES ROUTES RURALES ET PERENNISATION DES INVESTISSEMENTS

A. Rmili¹ & A. Imzel²

Résumé

Le désenclavement du monde rural est le moyen le plus efficace pour intégrer dans l'économie marocaine les 70% des pauvres qui vivent dans les zones rurales et leur permettre d'accéder aux services sociaux. De plus, l'accessibilité d'une zone conditionne dans une large mesure la mise en place des autres infrastructures de base.

En vue d'approfondir la connaissance du problème de l'enclavement, et de mieux définir les besoins dans ce domaine, la Direction des Routes et de la Circulation Routière (DRCR) du Maroc a réalisé un inventaire détaillé des routes rurales ayant une vocation de désenclavement.

Le principe qui a été retenu pour identifier le réseau cible qui a fait l'objet de l'inventaire a consisté à relier chaque douar de plus de 50 ménages à une route du réseau interconnecté (comportant des routes classées ou non quelles soient revêtues ou à l'état de piste). De ce fait, chaque douar dispose d'au moins un itinéraire "itinéraire stratégique" conduisant aux services sociaux, économiques et administratifs de base, eux-mêmes situés dans des localités desservies par le réseau interconnecté.

La démarche qui a été utilisée pour la définition du réseau cible, basée sur le principe précité a comporté les principales étapes suivantes :

Etape 1: Etablissement d'une base de données numérisée et cartographique (SIG) par province comportant les douars avec les données les concernant (nombre d'habitants; nombre de ménages) ainsi que le réseau routier;

Etape 2 : Pré -identification des routes de désenclavement,

Etape 3 : définition d'un réseau cible.

Etape 4 : recueil d'informations sur le réseau cible permettant de caractériser physiquement la route (localisation, relief, revêtement, type de sol), de donner une idée du niveau de service offert aux usagers (durée de coupures annuelles de circulation, praticabilité) et de montrer l'intérêt socio-économique et administratif de la route (trafic, services sociaux et administratifs et activités économiques).

Pour évaluer le niveau actuel d'enclavement tant à l'échelon national que provincial, un taux d'accessibilité a été défini comme étant la population rurale bien desservie rapportée à la population rurale totale.

Une population est considérée bien desservie par une piste lorsque cette dernière satisfait un ensemble de critères en rapport avec sa praticabilité en tout temps.

L'application de cette définition du taux d'accessibilité a abouti à un taux d'accessibilité moyen à l'échelle nationale. Les taux d'accessibilité par province obtenus sont très disparates et varient entre 8,9% et 70%. Ces résultats mettent en évidence l'écart important existant actuellement entre les provinces en matière d'accessibilité aux services de base et permettent de définir des priorités des interventions sur le réseau routier.

Ainsi, en fonction d'un taux d'accessibilité objectif à l'échelon national, on identifie un ensemble de pistes hiérarchisées et réparties entre les provinces dont l'aménagement sera nécessaire pour atteindre cet objectif. Le paramètre clé de la hiérarchisation reste la taille de la population desservie.

1. INTRODUCTION

Le désenclavement du monde rural est le moyen le plus efficace pour intégrer dans l'économie marocaine les 70% des pauvres qui vivent dans les zones rurales et leur permettre d'accéder aux services sociaux. De plus, l'accessibilité d'une zone conditionne dans une large mesure la mise en place des autres infrastructures de base.

L'étude sur l'amélioration et l'entretien des routes non revêtues réalisée par la DRCR en 1991 a recensé 38000 km de routes non revêtues. Ces routes ont été soumises à une analyse préliminaire qui a permis de sélectionner 13.000 km de pistes potentiellement aménageables.

Dans le cadre de la loi de finances de l'année 1995, le gouvernement a mis en place une politique volontariste pour le désenclavement du monde rural. Elle s'est concrétisée par le lancement d'un programme de

1. Direction des Routes et de la Circulation Routière
2. Caisse pour le Financement Routier

construction (PNRR) de 11.236 km de routes rurales sur une durée de 7 à 9 ans . Les dernières opérations de ce programme sont actuellement en phase d'achèvement.

La nécessité de cibler de façon précise les priorités en matière de routes de désenclavement rural a amené la DRCR à réaliser une étude ayant les objectifs suivants:

- mettre à jour l'inventaire des pistes de désenclavement.
- identifier les besoins d'amélioration des pistes rurales et les hiérarchiser

2. METHODOLOGIE POUR LA DEFINITION DU RESEAU DE PISTES

Avant de réaliser l'inventaire des pistes de désenclavement, un travail préalable a été effectué et a consisté à définir un réseau cible constitué de pistes qui ont été pré - identifiées comme suit :

Le principe qui a été retenu a consisté à relier chaque douar à une piste du réseau interconnecté (comportant des routes classées ou non quelles soient revêtues ou à l'état de piste). De ce fait, chaque douar dispose d'au moins un itinéraire (itinéraire stratégique) conduisant aux services sociaux, économiques et administratifs nécessaires puisque eux-mêmes situés dans des localités desservies par le réseau interconnecté.

Les seuils³ définissant d'une part «le douar» et d'autre part «sa desserte» qui ont été adoptés sont les suivants :

- Seuil douar = 50 ménages

- Seuil desserte = 1 Km

Le réseau de pistes cible est alors constitué de :

- Pistes non revêtues classées (toutes);
- Pistes non classées appartenant à un itinéraire de liaison d'un douar au réseau classé. Ces pistes sont complétées par les «branches de liaison» non nécessaires au désenclavement «primaire» des douars mais utiles à la continuité du réseau ou pour d'autres raisons particulières.
- Liaisons inexistantes actuellement, nécessaires au lien des douars au réseau actuel (classé ' et non classé) et dont la longueur dépasse le seuil admissible cité ci-dessus (1 Km).

La démarche qui a été utilisée pour la définition du réseau de pistes, basée sur le principe décrit ci- -avant, a comporté les étapes suivantes:

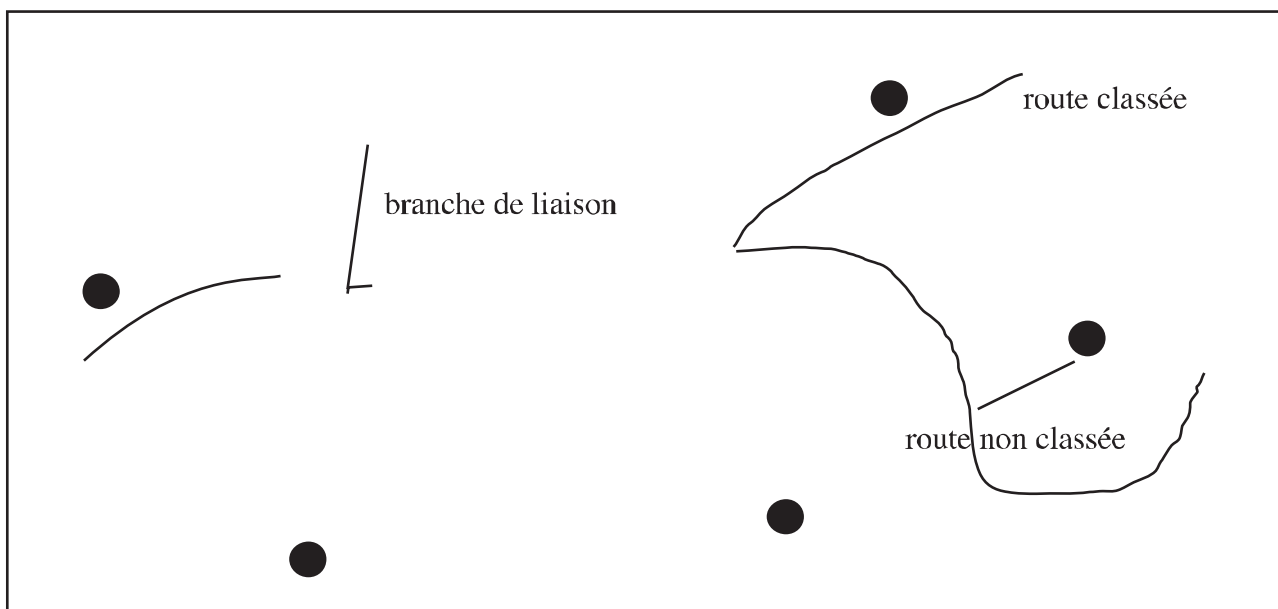
A. Etablissement d'une base de données numérisée et cartographique (SIG) par provinace montrant:

◆ Les douars avec leurs caractéristiques:

- Nombre d'habitants;
- Nombre de ménages;

◆ Les infrastructures routières, en distinguant :

- Niveau : revêtue ou non;
- Classement: RN, RR RP, NC;
- Longueur



3. seuil douar = nombre de ménages minimaux à partir desquels le douar peut être considéré comme devant nécessairement être desservi par le réseau

seuil desserte= distance maximale entre le douar et la route ou piste(classée ou non classée) la plus proche en dessous de laquelle le douar peut être considéré comme effectivement desservi par cette route ou piste

B. Pré- identification des pistes. Ce travail a été effectué en respectant les sous étapes suivantes:

- a) Recensement des douars jugés desservis par le réseau classé (il est retenu le principe selon lequel tout douar se trouvant à moins de 1 km environ à vol d'oiseau d'une route ou piste classée est desservi par ce réseau);
- b) Identification pour chaque douar restant d'un itinéraire(constitué de pistes existantes ou de pistes à créer) le connectant au réseau classé, le principe de cette identification étant fondé sur un certain nombre de critères:
 - Optimisation du linéaire global de pistes à retenir,
 - Prédilection pour les pistes existantes (au détriment de celles à créer),
 - Choix de pistes ayant fait l'objet de requêtes formulées par les représentants des populations au niveau local,
 - Favorisation du déplacement vers les chefs-lieux,
 - Sélection des routes revêtues non classées à caractère de désenclavement.
- c) Vérification, ajustement et validation des données constituées. Cette opération a été effectuée par le biais d'une série de réunions (1 réunion par DPE) au niveau de la DRCR. A l'issue de chaque réunion le réseau cible concernant la province (réseau classé + réseau non classé + pistes à créer) est définitivement arrêté.

3. INVENTAIRE DES PISTES

Une fois le réseau cible arrêté, il a été procédé à l'élaboration de cartes de présentation de ce réseau par province.

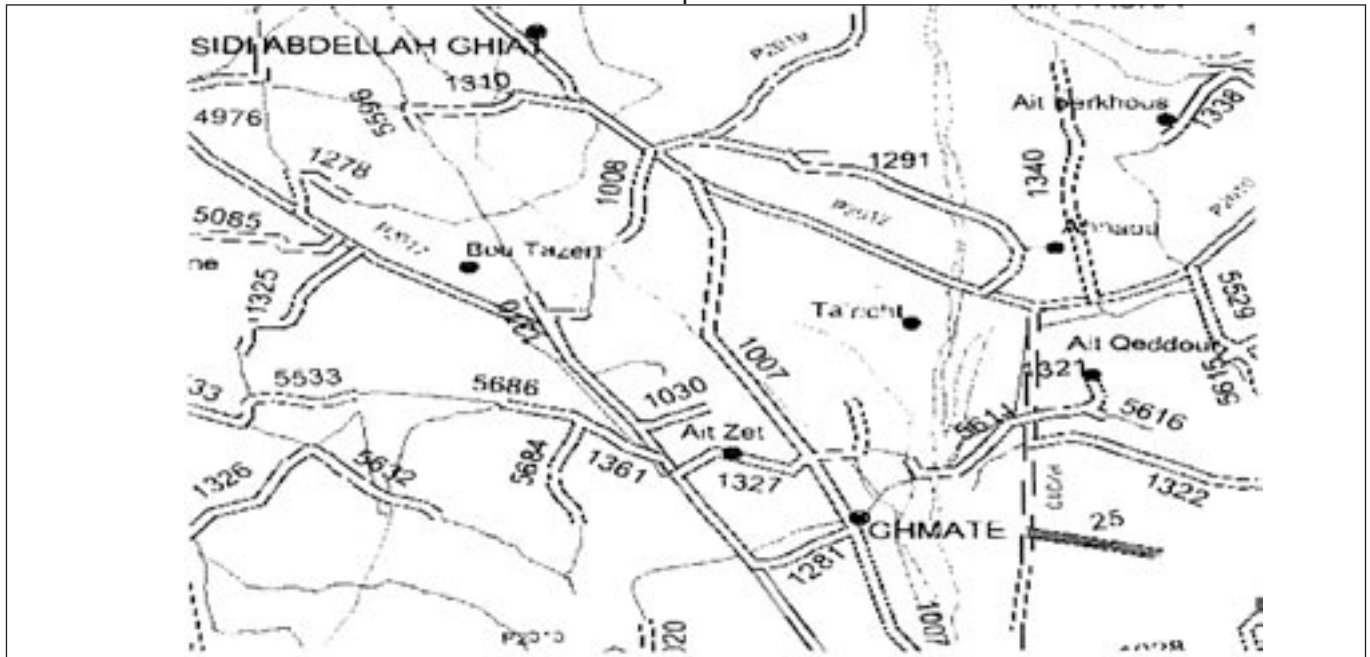
Les informations présentées sur ces cartes sont les suivantes:

- Les limites administratives de la province concernée ;
- Les différents douars ayant plus de 50 ménages, matérialisées par un numéro;
- Les pistes classées;
- Les pistes à créer,
- Quelques repères: routes revêtues, forêts,. oueds.

Pour les besoins de l'enquête de terrain, un formulaire d'enquêtes a été établi et comporte les données pertinentes permettant à la fois de caractériser physiquement la piste (localisation, relief, largeur, revêtement, type de sol...) de donner une idée sur le niveau de service offert aux usagers (nombre de mois de coupures, et conditions de circulation) et enfin de montrer l'intérêt socio-économique de la piste (trafic actuel, services socio-administratifs desservis et activités économiques dans la zone desservie par la piste enquêtée).

La longueur globale du réseau inventorié s'élève à 48210 km de pistes de désenclavement dont 23910Km de pistes classées et 24300 Km de pistes non classées.

Figure 1: extrait d'un exemple de carte de présentation du réseau cible



Les pistes en couleur rose correspondent aux pistes non classées du réseau cible Les pistes en couleur bleu correspondent aux pistes à créer les pistes classées sont celles dont le numéro est précédé par une lettre (N ou R ou P)

Sur le réseau recensé:

- 39654 Km ont été visitées et caractérisées par un ensemble de paramètres techniques (largeur, relief, type de revêtement, type de sol, trafic, conditions de circulation ... etc) et socio-économiques (services socio - administratifs desservis, activité agricole, autres activité) ;
- 8556 Km ont été inaccessibles au moment de la réalisation des enquêtes de terrain et de ce fait, elles n'ont pas pu être visitées.

Les résultats des enquêtes montrent que:

- 19% des pistes inventoriées sont impraticables, 28% sont circulables par un véhicule utilitaire ou par un véhicule tout terrain et 53% sont circulables par tout type de véhicule.
- 19% des pistes visitées connaissent des coupures de circulation qui dépassent 30 jours par an.

4. IDENTIFICATION DES BESOINS D'AMELIORATION DES PISTES

La méthodologie d'identification des besoins d'amélioration des pistes s'est basée sur l'utilisation de paramètres pertinents qui sont la population et l'accessibilité. Le terme accessibilité regroupe à la fois les conditions de circulation liées directement à l'état de la plate-forme (type de véhicules pouvant y circuler) et la pérennité de la circulation.

Deux niveaux d'analyse ont été considérés :

- Le 1^{er} niveau considère le réseau de pistes globalement (et non pas la piste individuelle) et se propose d'améliorer l'accessibilité à l'échelle de la province. Cette analyse provinciale est faite par le biais d'un taux d'accessibilité prenant en compte la population et la desserte de cette population. Le taux d'accessibilité permet de classer les provinces entre elles et peut servir aussi de système de pondération pour la répartition entre les différentes provinces de l'effort à consentir pour améliorer la situation actuelle en matière de désenclavement de la population rurale.

Figure 2: Répartition en longueur des pistes inventoriées en fonction de leurs conditions de la circulation

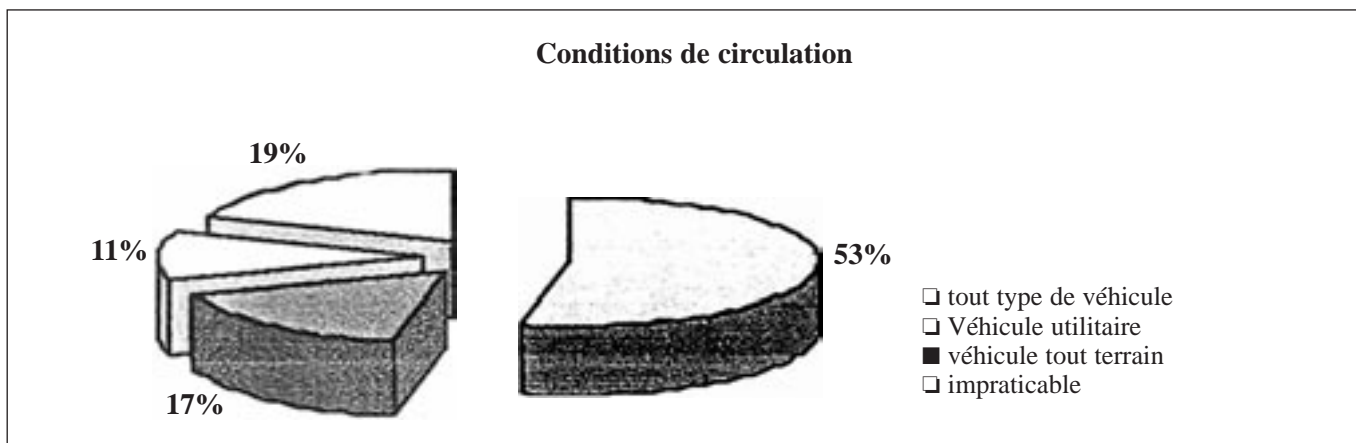
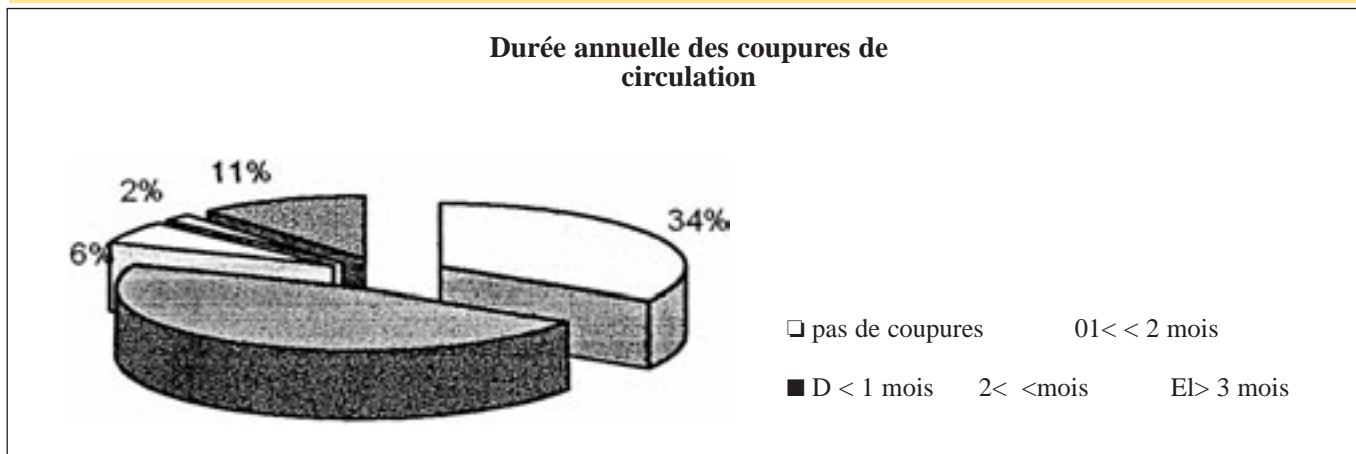


Figure 3: Répartition en nombre des pistes visitées en fonction de leur durée annuelle de coupure de la circulation



- Le 2^{ème} niveau d'analyse permet de classer les pistes d'une province donnée, en vue de sélectionner les plus prioritaires en tenant compte de la part revenant à cette province dans l'effort global à consentir.

Le taux d'accessibilité d'une province Pi a été défini comme suit:

$$TA(P_i) = \frac{\text{Population rurale desservie par le réseau revêtu et EB Population rurale bien desservie par pistes}}{\text{Population rurale (prd)}}$$

Une population est considérée bien desservie par une piste lorsque cette dernière satisfait dans sa totalité aux conditions suivantes:

- absence de coupures de la circulation durant toute l'année
- piste circulaire par tout type de véhicule ou uniquement par un véhicule utilitaire,
- support non argileux

L'application de cette définition du taux d'accessibilité à l'ensemble des routes a abouti à un taux d'accessibilité moyen à l'échelle nationale qui a été évalué en 2001 à 44,7%. Les taux d'accessibilité obtenus par province sont très disparates et varient entre 8,9% et 74%. Ils mettent en évidence l'écart important existant actuellement entre les provinces en matière d'accessibilité rurale.

Ainsi, en fonction de l'objectif qui est fixé par les décideurs pour le niveau du taux d'accessibilité à l'échelon national que l'on veut atteindre, il sera possible d'identifier un ensemble de pistes hiérarchisées et réparties entre les provinces dont l'aménagement sera nécessaire pour atteindre cet objectif. Dans une première étape, on procède à un équilibre entre les provinces en matière d'accessibilité en permettant aux plus

déficitaires d'entre elles d'atteindre au moins le taux moyen national soit 44,7%. Une fois ce travail effectué, on agit ensuite sur l'ensemble des provinces pour atteindre l'objectif fixé à l'échelon national.

La hiérarchisation des pistes s'effectue par province en se basant principalement sur le critère taille de la population desservie.

Les résultats de cette hiérarchisation serviront pour élaborer un programme national de désenclavement du monde rural qui devra démarrer à partir de l'année 2005. L'objectif de la réalisation de ce programme dont le linéaire avoisine 11000 km est d'atteindre un taux d'accessibilité national de 71,4% à l'horizon 2010.

5. CONCLUSION

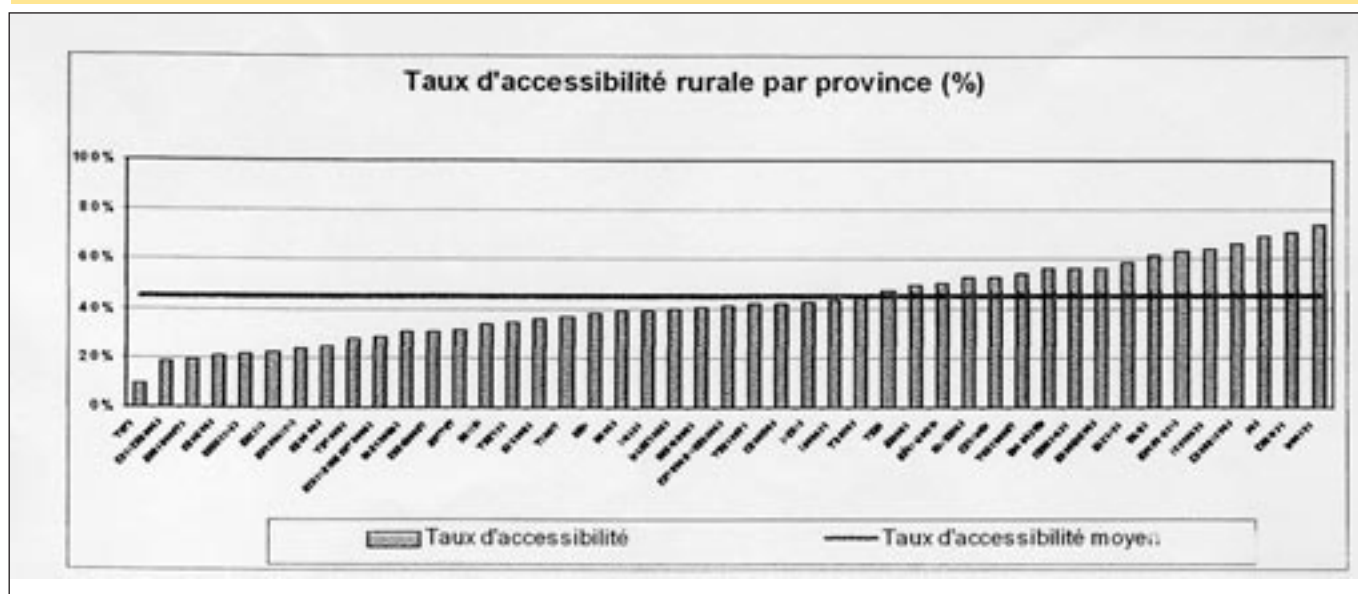
La démarche décrite précédemment pour la planification de l'accessibilité rurale dans le contexte marocain est basée principalement sur un objectif d'assurer un accès aisé aux services essentiels des ménages ruraux contribuant ainsi à l'amélioration de leur bien-être. Elle permet donc de renforcer le rôle social de la route qui a été pendant longtemps considérée comme un service public.

Les résultats de l'application de cette démarche ont permis d'une part d'évaluer le niveau d'enclavement actuel des populations rurales et d'autre part de définir et hiérarchiser les besoins pour atteindre le taux d'accessibilité objectif souhaité.

Références bibliographiques

- Actualisation de l'étude d'amélioration et d'entretien des routes de rase campagne non revêtues (2002) CID-MAROC.

Figure 4: Taux d'accessibilité rurale par province(en %)



TRAITEMENT DES PISTES NON REVETUES A L'EMULSION DE BITUME

Safir¹

1. INTRODUCTION

Le développement du réseau rural au Maroc, et des pistes non revêtues en particulier connaît un essor de plus en plus important ; compte tenu de son impact positif sur le développement humain, tant sur le plan économique que social.

Néanmoins; malgré les spécifications imposées au niveau de ces pistes non revêtues, leurs surfaces restent tout de même assujetties aux conditions climatiques et d'utilisation.

Ainsi, elles sont poussiéreuses par temps venteux ou sous circulation à une certaine vitesse, et difficilement praticables par temps de pluie.

Le coût de l'entretien augmente en conséquence ; et l'on est en droit de se poser la question: **Comment optimiser ce coût d'entretien ?**

L'article en question ; tente de répondre à cette question en proposant une émulsion anionique qui a fait ses preuves dans d'autres pays ; et qui peut être utilisée soit en surface soit pour traiter les 4 ou 5 derniers centimètres de la chaussée.

II. RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

Sur le guide de construction et d'entretien des routes non revêtues, il est mentionné que pour qu'une chaussée remplisse son rôle de façon satisfaisante il faut que :

- Son épaisseur soit suffisante pour éviter le poinçonnement de la plate forme
- Les matériaux qui la constituent doivent avoir suffisamment de cohésion

pour assurer la liaison intergranulaire en saison sèche mais sans être trop plastiques pour maintenir la portance de la couche en saison humide.

Nous nous intéressons, dans cet article, uniquement au deuxième critère, en supposant que le premier lié au dimensionnement est rempli.

Le deuxième critère au niveau des matériaux de surface est traduit par le même guide en terme de granulométrie, dureté et plasticité.

• **Granulométrie**

Le guide donne le choix entre quatre classes :

* 0/5 * 0/10 * 0/20 ou 0/31.5

• **Dureté**

Le guide impose un LA inférieur à 40%

• **Plasticité**

L'indice de plasticité est fonction de la zone climatique ainsi

- Zone humide : $4 < IP < 15\%$
- Zone semi aride : $6 < IP < 25$
- Zone aride : $10 < IP < 30$

III. TRAITEMENT DES MATERIAUX

Etant donné le caractère économique de ces pistes, il est bien évident qu'il faut garder présent à l'esprit les deux notions suivantes.

- Utilisation des matériaux locaux
- Optimisation des coûts d'entretien dans le temps, il faudrait minimiser au mieux possible le temps d'intervention, et cela passe nécessairement par un traitement particulier des matériaux de la surface.

Le traitement peut s'effectuer avec des liants hydrauliques (ciment, chaux), mais ce traitement présente un inconvénient technique majeure par l'apparition dans le temps de microfissuration qui finit par dissolider les matériaux et rendre, par ailleurs ; la couche de surface vulnérable aux sollicitations du trafic et aux conditions climatiques.

Le traitement à l'émulsion anionique, est l'une des solutions choisies dans de tels cas.

L'émulsion anionique offre deux types de traitement in situ :

- Par imprégnation
- Par mélange en place

L'imprégnation contribue à stabiliser la surface des chaussées et sert donc d'anti-poussière. C'est un système très efficace, par exemple utilisé dans les pistes des mines en Afrique du sud ou sur les pistes des champs pétroliers en Malaisie.

Les avantages de l'imprégnation ou de l'incorporation sont comme suit :

1. GTR

- Stabilisation de la surface et réduction de l'émission des poussières.
- Amélioration de la portance du sol (par augmentation de son CBR ou son module) Dans le cas d'un retraitement dans la masse.

Au Maroc, nous avons dépassé le stade de l'étude et de la formulation des émulsions en fonction des matériaux utilisées.

Ainsi, nous avons mis au point une émulsion anionique dont les principales caractéristiques

- La teneur en bitume : 55 ou 60%
- Viscosité Engler : 2 à 4° Engler
- Indice de rupture : >120g

• Imprégnation

L'émulsion surstabilisée est répandue suivant un dosage d'environ 1,8 Kg/m²

Le rôle de cette couche est fort important, elle constitue une membrane étanche s'opposant à toute infiltration d'eau en cas d'intempéries, et joue un rôle antipoussière sous le trafic par temps sec.

• Traitement dans la masse

Le traitement de la couche sur les quelques centimètres de surface, s'avère plus efficace que l'imprégnation classique.

La couche mise en forme et compactée, est scarifiée, par passage d'une herse munie de dents ou d'une niveleuse. Sur le matériau foisonné est répandue l'émulsion surstabilisée avec un dosage de 2 à 4Kg/m².

L'incorporation de cette émulsion sur les 4 ou 5 premiers centimètres leur confère une meilleure résistance contre les intempéries, une meilleure portance et augmente par voie de conséquence la durée de service.

IV. CONCLUSION

Le désenclavement du monde rural, a conduit les responsables Marocains, à chercher des solutions originales, telle que celle des pistes non revêtues.

Le coût faible de la construction de ces pistes non revêtues, constitue leur raison d'existence.

A la mise en service, cette notion est compromise, lorsque le coût d'entretien dépasse les prévisions.

A l'instar de n'importe quel autre ouvrage, une piste non revêtue est un ouvrage qui vit, travaille, se dégrade et qui a donc besoin d'être entretenu.

Le rôle du technicien routier, consiste à optimiser au mieux possible, le coût de ces entretiens, et par conséquent de réduire le plus possible les opérations d'intervention.

Le traitement à l'émulsion anionique et surstabilisée constitue une alternative d'optimisation et peut se réaliser de deux manières :

- Par imprégnation : En constituant une membrane étanche, l'émulsion confère à la surface une bonne résistance aux infiltrations d'eau dues aux intempéries et la rend par voie de conséquence anti-poussièreuse.
- Par incorporation : Sur 3 à 5 cm, l'amendement avec une émulsion confère à la surface, en plus de l'étanchéité et le caractère anti-poussière, contribue à améliorer la portance de la chaussée, par augmentation de son CBR et donc de son module. Il en résulte, par ailleurs, une augmentation de sa durée de service.

Les matériaux qui se prêtent le mieux à ce traitement doivent avoir un IP inférieur à 7 (GNC,GND,GNB, alluvions d'oued, matériaux villafranchien, etc....) ce qui fait que la condition exigée par le guide, sur la plasticité, pour des raisons notamment de cohésion intergranulaires, devient caduque.

La mise au point, au Maroc, d'une telle émulsion anionique et surstabilisée a dépassé le stade de la formulation et de l'étude et devra s'étendre au site, afin de mettre en évidence ces avantages prouvées déjà dans bien d'autres pays tels que l'Afrique du Sud ou la Malaisie.

LE RETRAITEMENT EN PLACE DES CHAUSSEES

O. Essekelli¹ & H. Tarhouchi¹

1. INTRODUCTION

Le réflexe de tout ingénieur, au moment de penser à l'entretien d'une route, a été toujours et continue à être celui de chercher à dissimuler les défauts de surface et à augmenter la capacité structurelle d'une route par apport de matériaux nouveaux.

S'il est vrai que cette manière de faire est adaptée à un pays où les ressources en matériaux ne sont pas encore épuisées, où la main d'oeuvre est relativement peu onéreuse et où les considérations d'ordre environnemental ne constituent pas les premières préoccupations, il n'en est pas de même dans les pays où le recyclage, dans tous les domaines, est devenu l'objectif principal à atteindre au dépend même parfois de l'économie.

Au Maroc, le recours aux techniques de retraitement des chaussées constitue un palliatif très intéressant d'économie et de respect de l'environnement. En effet, la prise en compte de la protection de l'environnement, la raréfaction des ressources naturelles dans certains régions, leur éloignement des chantiers, l'augmentation des coûts de transport, sont autant de facteurs qui orientent la construction et l'entretien des chaussées vers des techniques de recyclage des matériaux.

Au niveau national, le recyclage des matériaux de chaussées constitue la phase ultime de toute la politique d'utilisation des matériaux locaux de la dernière décennie. N'y a-t-il pas plus local pour une chaussée que les matériaux que renferme celle-ci?

En effet, les rechargements successifs réalisés, à l'occasion de renforcements périodiques des chaussées, font que ces dernières finissent par se présenter sous forme d'un réservoir appréciable de matériaux susceptibles d'être recyclés et valorisés.

Le retraitement en place des matériaux de chaussées présente un certain nombre d'avantages aisément et directement perceptibles, à savoir :

- Valorisation des matériaux en place par l'amélioration des performances mécaniques et géotechniques des chaussées dégradées ;
- Rapidité d'exécution ;
- Économie de matériaux et d'énergie ;
- Économie des frais de transport de matériaux ;
- Protection de l'environnement ;
- Réfection partielle de la chaussée (possibilité de ne traiter que la partie endommagée) ;

- Maintien du niveau de la chaussée en évitant ainsi le problème de seuil (gabarit des passages supérieurs, ...);
- Élimination des effets dus au trafic engendré par le transport des matériaux sur le réseau avoisinant.

2. PRESENTATION DE LA TECHNIQUE DE RETRAITEMENT EN PLACE

• Retraitement en place des chaussées A chaud (Thermoregeneration)

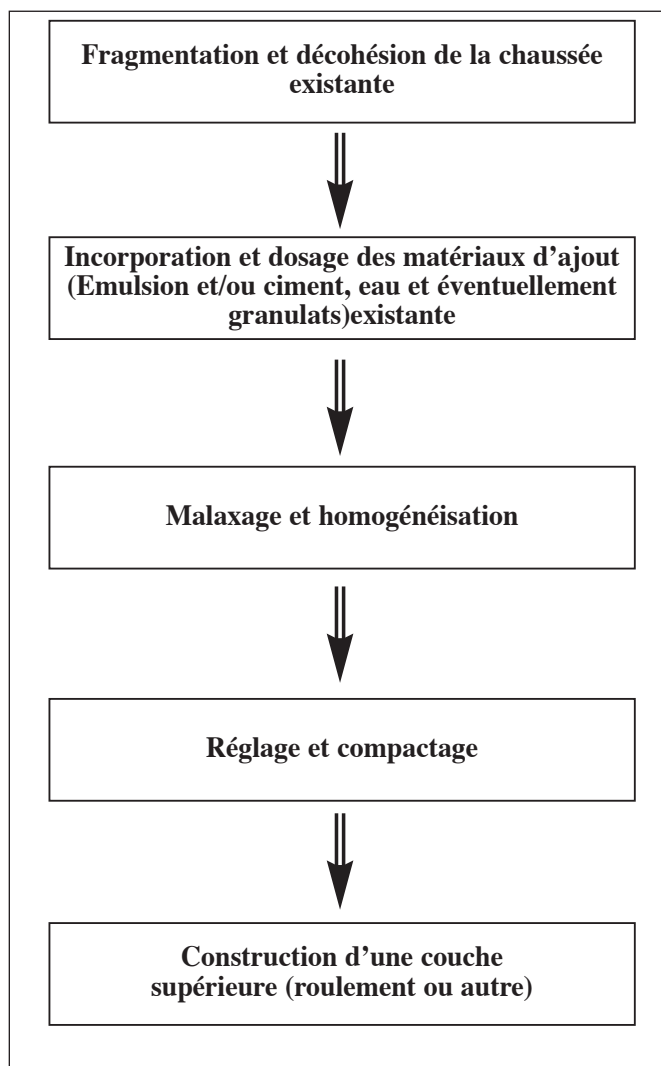
C'est un procédé de rénovation en place et à chaud des couches d'enrobés supérieures des chaussées. Le traitement, dont la profondeur est comprise entre 2 et 8 cm, consiste à chauffer, décohesionner, malaxer et remettre en place les enrobés d'origine après les avoir corrigés par adjonctions éventuelles de bitume, liant régénérant, granulats et fibres. L'objectif de la thermorégénération est soit de créer une nouvelle couche de roulement homogène présentant de bonnes caractéristiques mécaniques et superficielles, soit de transformer la ou les couches d'enrobés supérieures existantes en une couche de liaison performante. La pérennité de la chaussée est ainsi renforcée.

• Retraitement en place des chaussées à froid

Le retraitement des chaussées à froid consiste à retraiter tout ou une partie d'une chaussée avec de l'émulsion de bitume régénérante ou non avec ou sans apport complémentaire de granulats (ciment, sables, gravettes,...). Le retraitement à froid est applicable pour:

- Les chaussées entièrement souples à assise en grave non traitées (épaisseur minimum 15 cm)
- Les chaussées souples à couche de base en GNT et couche de surface en enrobés bitumineux (épaisseur de 5 à 7 cm)
- Les chaussées à forte épaisseur bitumineuse (épaisseur égale ou supérieure à 8 cm).

Les différentes phases d'exécution de ce type de retraitement sont schématisées comme suite :



3. POURQUOI L'INTRODUCTION DE CETTE NOUVELLE TECHNIQUE ?

L'introduction de cette nouvelle technique a été dictée par des raisons d'ordre technique, économique et environnemental.

3.1. Raisons d'ordre technique

L'utilisation systématique des techniques classiques à base de grave non traitée pose actuellement de sérieux problèmes sur les routes empruntées par un trafic relativement élevé (1500 à 3000 v/j). En effet, l'exécution des travaux sous circulation ne permet pas d'obtenir un bon uni de la chaussée et entraîne des dégradations précoces de la route.

Par ailleurs, l'utilisation de cette technique dans certaines régions du Maroc (réseau du rif et du pré-rif) n'assure pas la durée de service pour lequel la chaussée a été dimensionnée compte tenu de la vulnérabilité de la GNT à l'eau.

En outre, le retraitement de la chaussée permet une homogénéisation des matériaux en place et l'élimination

des fissures présentes dans le revêtement et dans la partie supérieure de l'assise.

Les profils longitudinaux et transversaux peuvent être corrigés après la fragmentation de la chaussée.

En réutilisant les matériaux en place, il est possible de limiter le rehaussement du profil de la chaussée. Cet aspect est particulièrement important en site urbain ou lorsque le profil en long de la chaussée passe par des points obligés (ouvrages d'art par exemple...) ou quand le rechargement de la chaussée entraîne une réduction des accotements (problèmes de sécurité).

Les réalisations ont montré également que la technique de retraitement en place permet de s'adapter plus facilement aux contraintes d'exploitations comparativement à une technique de rechargement (durée d'intervention sur chaussée plus courte).

3.2. Raisons d'ordre économique

Certaines régions du Maroc connaissent une pénurie de matériaux nobles répondant aux spécifications exigées par les marchés. Au niveau de ces régions, le transport se fait sur de longues distances, ce qui surenchérit les coûts des travaux et prolonge les délais des travaux.

La technique du retraitement en place est plus rapide qu'une reconstruction de chaussée, ce qui est source d'économie et d'un moindre gêne à l'utilisateur. L'économie est d'autant plus importante que le coût est apprécié du point de vue global, en estimant les coûts indirects tels que : l'intérêt du recyclage dans le contexte de préservation de l'environnement, les nouvelles contraintes concernant les mises en décharges, la protection du réseau routier avoisinants, etc. ...

L'économie est encore plus évidente quand le retraitement est limité aux rives de chaussées ; la technique de travaux est alors différente dans le profil en travers et adaptée aux besoins.

3.3. Raisons d'ordre environnemental

Cette technique permet d'économiser les ressources naturelles non renouvelables. Elle permet aussi de réduire les quantités de matériaux à transporter et à mettre en dépôt définitif.

La réduction du transport de granulats par camion lors des travaux limite la fatigue du réseau routier adjacent au chantier et les impacts indirects (nuisances sonores, olfactives, hygiène et sécurité, etc.). Le retraitement à froid permet également une économie d'énergie.

En outre, les techniques classiques utilisant les grèves non traitées ne peuvent s'appliquer sans émission de poussière. Elles contribuent donc à la pollution de l'atmosphère par la poussière dégagée au niveau des carrières (extraction et élaboration) et sur les chantiers (mise en œuvre).

De même, l'exploitation des carrières a de grandes incidences sur l'environnement :

- les effets sur l'atmosphère (poussières, bruits, vibration)
- les effets sur les eaux (souterraines et superficielles)
- les effets sur le paysage
- les effets sur le milieu écologique (flore et faune)

4. ACTIONS POUR L'INTRODUCTION DES TECHNIQUES A BASE DE RETRAITEMENT EN PLACE

Plusieurs actions ont été menées, en coordination avec la profession, pour l'introduction de ces nouvelles techniques. En fait, il ne s'agit pas de techniques purement nouvelles, mais des techniques qui ont donné leurs preuves dans d'autres pays et qui ont été transférées au Maroc moyennant quelques adaptations en matière de spécifications.

Parmi ces actions, on peut citer :

4.1. Formation

Avant l'introduction de ces techniques, les différents intervenants ont procédé à la formation de leur personnel par la participation à des stages à l'étranger, à des séminaires et des journées techniques au niveau national et international (congrès nationaux, congrès mondiaux de la route). Les principales manifestations qui ont concernées les techniques de retraitement en place sont résumées ci-après :

- Le Séminaire international sur l'entretien routier organisé le 18 décembre 1998 à Rabat par l'Association Marocaine Permanente des Congrès de la Route en collaboration avec l'Association des Directeurs Africains des Routes (ADAR) et l'ISTED.

- Le Séminaire sur l'entretien routier organisé par la DRCR, le 28 septembre 2001 à Rabat.
- Le 6ème Congrès National de la Route organisé par l'AMPCR, les 3 et 4 octobre 2002 à Agadir.
- La journée nationale sur les techniques routières à base de ciment (traitement des sols et des graves) organisée par la DRCR à Rabat le vendredi 14 mai 2004.

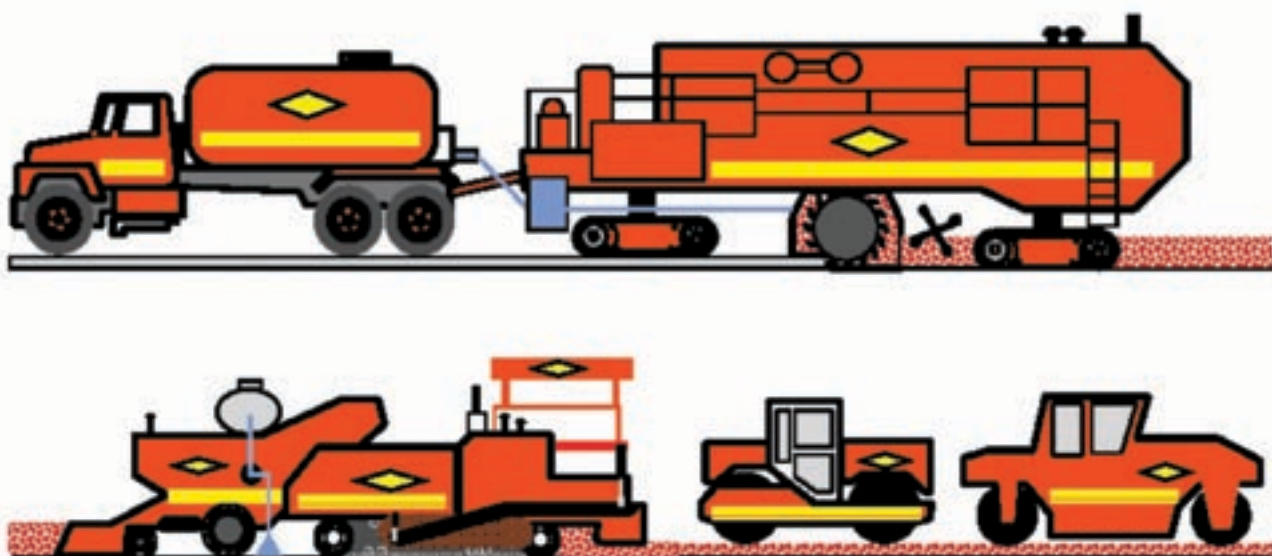
4.2 - Acquisition du matériel

Certaines entreprises ont accompagné l'administration dans sa démarche d'innovation, en procédant à l'acquisition du matériel nécessaire de fabrication et de mise en œuvre.

Les machines de retraitement en place des chaussées disponibles actuellement chez les entreprises marocaines sont de deux types :

Machine de retraitement combinant les opérations de fragmentation et de Malaxage

Dans cette configuration, le répandage du matériau retraité est effectué avec une machine indépendante. Le matériau une fois fraisé et mélangé est placé en cordon sur la chaussée. L'effet de séchage dû aux diverses manipulations est pris en compte pour ajuster le dosage requis en eau. Le matériau retraité peut être déposé dans un camion ou directement dans la trémie du finisseur à l'aide d'un convoyeur à bande.





Retraitement en place avec une seule machine

C'est la configuration la plus simple. Cette fois il n'y a plus d'équipement de répandage (ni intégré, ni distinct). Le matériau mélangé est laissé en place et mis en forme par un système de volets en sortie de la machine. Ces machines sont dérivées des équipements de stabilisation des sols.

4.3. Expérimentation

Plusieurs chantiers expérimentaux à base de ces nouvelles techniques ont été lancés.

Les chantiers ont permis au personnel des entreprises, du laboratoire et de l'administration de suivre les différentes phases de réalisation et de vivre les problèmes spécifiques à ces techniques.

4.4. Suivi du comportement des chantiers expérimentaux

A fin de connaître le comportement des chantiers expérimentaux, la DRCR a confié le suivi au CNER qui a mis en place une équipe multidisciplinaire chargée du suivi visuel et à l'aide d'appareils à grand rendement.

4.5. Elaboration de documents normatifs

Le suivi des chantiers expérimentaux a permis d'élaborer un document normatif ; le Guide pour le retraitement des chaussées en place, qui a servi par la suite à l'amélioration des performances de ces techniques.

Ce guide comprend une présentation des différents techniques de retraitement en place des chaussées existantes, et traite à ce titre :

- de la classification des retraitements en place à froid des anciennes chaussées,
- des études préalables nécessaires y compris la manière d'aborder le dimensionnement,
- des matériels tels qu'ils existent sur le marché,
- des contrôles de qualité d'exécution des travaux.

Il comprend également, pour chaque nature de liant utilisé, une description technique qui s'articule autour des points suivants :

1. le principe de la technique :

Objectifs et domaines d'emploi, avantages et limites.

2. Les études :

Pour guider les utilisateurs dans la réalisation du diagnostic d'état de la chaussée existante, dans la caractérisation des matériaux en place, dans l'étude de faisabilité et de formulation, dans le dimensionnement.

3. Les matériels :

Les différents matériels disponibles et leurs fonctions sont présentés.

4. Les modalités d'exécution :

Pour rappeler les règles de l'art à respecter pour l'exécution du chantier.

5. Les contrôles :

En relevant les opérations de contrôle aux divers stades du chantier, de la préparation à la réception des travaux.

5. PRESENTATION DES OPERATIONS REALISEES A BASE DE RETRAITEMENT EN PLACE

Les innovations récentes en terme de matériels ainsi que la capitalisation des connaissances techniques montrent qu'à présent, cette technique est suffisamment maîtrisée pour être admise au titre des solutions de base dans les marchés des travaux routiers.

5.1. Suivi de l'exécution des opérations de retraitement en place

La maîtrise de telles techniques par la DRCCR demande non seulement des études préalables et des étapes d'expérimentation mais surtout un programme de suivi rigoureux de la mise en œuvre de ces techniques afin de garantir sa réussite et son développement futur.

A cet effet, il a été décidé, à l'instar du suivi des techniques à froid (grave émulsion et enrobés à froid), de mettre en place une procédure particulière du suivi des opérations routières utilisant le retraitement en place, en associant les services centraux de la DRCCR et ceux du LPEE dans le suivi qualitatif des travaux desdits chantiers.

Le contrôle qualitatif de ces travaux se fait ainsi à deux niveaux :

- ⇨ Au niveau territorial, le contrôle de qualité des travaux est confié au laboratoire régional le plus proche géographiquement du chantier et suivi suivant les règles habituelles par la DRE / DPE et le laboratoire régional concernés ;
- ⇨ Au niveau central, la Division Technique et le CERIT (LPEE de Casablanca) sont chargés de l'assistance et l'encadrement technique des DRE / DPE, du suivi des étapes clefs du chantier, de l'évaluation du comportement desdites techniques et de la capitalisation des expériences dans le domaine et ce en liaison avec les services extérieurs et les laboratoires régionaux.

5.2. Opérations réalisées à base de retraitement en place

Le tableau ci-joint présente les différentes opérations réalisées par la DRCCR avec la technique de retraitement en place.

DRE/DPE	Route	Long en Km	Nature des travaux
Benslimane	RR305	19	Retraitement en place à chaud (thermorégénération) sur une épaisseur de 5 cm.
Casablanca	R315	2,1	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur une épaisseur de 8 cm et revêtement en 5EB
Tétouan	N 2	12	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur une épaisseur de 6 cm et revêtement en 5EB
Nador	N19	11,5	Retraitement à froid mixte à l'émulsion de bitume et le ciment sur une épaisseur de 7 cm (7,5 km) plus revêtement 7EB et sur une épaisseur de 10 cm (4 km) plus revêtement de 5EB
Settat	N9		Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur : - 8cm sur 1,5km + 7EB - 10cm sur 7,5km + 5EB
Settat	N11	28,4	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur : - 7cm sur 14 Kms + 7EB - 10cm sur 14,4 Kms + 5EB
Casablanca	N9	11,7	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur 10 cm + Tapis de 6EB
Rabat	Voie de contournement de Rabat - Salé	12	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume de la voie de droite (4m) sur une épaisseur de : - 10cm + 7EME + 2,5BBTM - 10cm + 10EME + 2,5BBTM
Khouribga	RR312	9	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur 8cm + 7EB
El Jadida	RN 1	14	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur : - 7cm sur 11 Kms + 7EB - 10cm sur 3 Kms + 5EB

Rabat	Voie de contournement de Rabat - Salé	21	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume des voies lentes et rapides en sections discontinues sur une épaisseur de 10cm + 7EME + 5BBME.
Tanger	RN 1	45	Retraitement à froid à l'émulsion de bitume sur une épaisseur de 8 cm et revêtement en 5EB
Kénitra	RP4215	15	Retraitement en place au ciment sur une épaisseur de 15cm + RS bicouche.
Sidi Kacem	N13	23	Retraitement en place au ciment sur une épaisseur de 15cm + RS bicouche.
Larache	RR415	24	Retraitement en place au ciment sur 20 cm + RS bicouche.
Sidi Kacem	RR408	24	Retraitement en place au ciment sur 15 cm + RS bicouche.

6. COMMENTAIRES SUR LES COUTS PRATIQUES

Pour le premier programme lancé en 2000, les trois chantiers concernés par ce programme ont été réalisés avec un matériel de location (recycleuses). Les prix pratiqués au niveau des trois chantiers sont les suivants:

- R315 : 64,98 DH/m² pour une épaisseur de 8 cm, soit **8,12 DH/ cm** d'épaisseur
- N2 : 59,74 DH/m² pour une épaisseur de 6 cm, soit **9,96 DH/ cm** d'épaisseur
- N19 : 57,00 DH/m² pour une épaisseur de 7 cm, soit **8,14 DH/ cm** d'épaisseur

Soit une moyenne de **8,74 DH/ cm** d'épaisseur retraitée.

Pour le deuxième programme dont les opérations sont adjudgées en 2001, les prix adoptés sont les suivants :

- N9 : 50,16 DH/m² pour une épaisseur de 8 cm, soit **6,27 DH/ cm** d'épaisseur
57 DH/m² pour une épaisseur de 10 cm, soit **5,7 DH/ cm** d'épaisseur
- N11 : 47,88 DH/m² pour une épaisseur de 7 cm, soit 6,84 DH/ cm d'épaisseur
54,72 DH/m² pour une épaisseur de 10 cm, soit 5,47DH/cm d'épaisseur
- N9 : 57,00 DH/m² pour une épaisseur de 10 cm, soit 5,7 DH/ cm d'épaisseur
- V.C : 54,72 DH/m² pour une épaisseur de 10 cm, soit 5,47DH/cm d'épaisseur

Soit une moyenne de 5,9 DH/ cm d'épaisseur retraitée. Nous estimons que cette baisse du prix est due à l'effet d'encouragement des entreprises à l'investissement au niveau du matériel de mise en œuvre.

Si l'on considère que les performances des matériaux retraités sont comparables à celles de la grave bitume (donc même durée de vie), la technique de retraitement paraît avantageuse de point de vue coût. En effet, le coût de renforcement avec 10GBB est de l'ordre de 9,4

DH/cm d'épaisseur, alors que le retraitement en place sur une épaisseur équivalente n'est que de l'ordre de 5,9 DH/cm ; soit une économie de l'ordre de 35%.

Coût de 10GBB : 94 DH/ m² (9,4 DH/cm d'épaisseur)

Coût retraitement sur 10cm : 57 DH/ m² (5,9 DH/cm d'épaisseur)

Cependant, la comparaison entre les solutions ne devrait pas être faite sur le coût de la réhabilitation de la chaussée seul mais sur une base plus globale afin d'être représentative de la valeur économique réelle du projet. On devrait en particulier inclure les coûts :

- de mise en décharge des matériaux,
- des travaux annexes (ajustement des niveaux, relèvement des bordures, des accès, etc.) liés à l'élévation du profil de la route,
- les dommages aux routes voisines associés au transport des matériaux jusqu'au chantier,
- etc.

7. LES ENSEIGNEMENTS TIRES

7.1. Les points forts

Comme il a été constaté, plusieurs entreprises ont soumissionné aux marchés des travaux, exprimant ainsi leur volonté d'accompagner l'Administration dans sa démarche visant à introduire les nouvelles techniques à base de retraitement en place.

Certaines entreprises ont procédé à l'acquisition du matériel spécifique pour ce type d'opérations, d'autant plus que la solution de retraitement en place est désormais introduite dans les cahiers de charge en tant que solution de base.

Pour certaines entreprises, la mise en œuvre de ces chantiers a été l'occasion pour développer leur laboratoire interne. Ainsi, elles ont procédé à l'acquisition du matériel nécessaire pour les essais relatifs aux techniques de retraitement en place. Parmi

les équipements acquis on cite :

- une dynaplaque pour la mesure du module sur chantier.
- matériel pour extraction et récupération du bitume résiduel.
- centrale de fabrication au laboratoire du bitume mousse.

Au niveau de la maîtrise des techniques, les chantiers réalisés ont permis au personnel de l'Administration, des entreprises et du laboratoire de «vivre» l'expérience, d'apprécier les avantages de ces techniques et noter aussi les difficultés rencontrées lors des différentes phases du chantier. De même, les journées techniques organisées à l'occasion de chaque chantier ont permis une large vulgarisation de la technique.

7.2. Avantages techniques

Les premières évaluations des opérations réalisées à base du retraitement en place ont permis de dégager que cette technique présente plusieurs avantages ; à savoir :

- La réutilisation des matériaux routiers usagés, pollués, inappropriés ;
- L'homogénéisation des chaussées, tant en résistance qu'en géométrie
- La réduction des déchets et de l'extraction de matériaux neufs en provenance des carrières avec tous les avantages environnementaux associés ;
- La possibilité de réhabiliter seulement une voie de chaussées à deux voies et plus de circulation, car la détérioration est souvent limitée aux voies supportant le trafic le plus lourd ;
- La diminution de la nuisance causée par les aller et venues des engins lors de travaux de réparation traditionnels ;
- Une réduction de la détérioration du réseau adjacent de routes secondaires en raison d'un volume réduit de matériaux neufs à transporter ;
- Un coût moindre pour la réhabilitation des chaussées dégradées ;
- Le maintien du niveau de la chaussée sauvegardant ainsi les accotements et bordures et préservant la hauteur libre sous les ponts ;

7.3. Inconvénients

Le retraitement en place de la chaussée peut amener à :

- Moins d'homogénéité par comparaison à un nouveau mélange ;
- L'apparition possible de fissures longitudinales lorsque des bandes adjacentes ne sont pas correctement reliées ;
- Une réhabilitation plus longue par comparaison à un simple recouvrement classique au moyen de mélanges bitumineux sans fraisage.

CONCLUSION

Le retraitement en place à froid des chaussées existantes a démontré, par les nombreux chantiers réalisés au Maroc, l'intérêt économique et la valeur technique de cette solution pour la réhabilitation des chaussées. Il convient de souligner la diversité de ces applications qui vont de la stabilisation des couches d'assise en graves non traitées à la réfection de couches de surface en enrobés bitumineux.

Cette solution s'inscrit dans une démarche de développement durable en valorisant les matériaux existants et en limitant le recours à l'emprunt de matériaux vierges. Sa prise en considération au stade des études d'entretien doit donc être encouragée par les services gestionnaires d'autant que la technique se prête souvent à la réalisation de travaux sous circulation.

Si les premières applications ont été faites il y a quelques années avec des matériels traditionnels de construction routière, il existe maintenant des matériels spécifiques pour le retraitement en place des chaussées. Ces matériels, par leur puissance, par les dispositifs de contrôle de la profondeur de travail et de l'injection du liant, ont permis d'améliorer de manière importante la régularité et la qualité des travaux. Ceci a rejailli directement sur la durabilité des sections retraitées.

Pour l'essor de la technique qui a déjà démontré tout son intérêt sur les plans technique, économique et environnemental, il est important de continuer à soutenir les efforts de promotion de cette technique, et d'inciter les entreprises à investir davantage dans l'acquisition de matériels, l'encadrement et la maîtrise de cette technique.



LES BETONS COMPACTES AU ROULEAU A FAIBLE DOSAGE EN CIMENT, UNE SOLUTION POUR LES ROUTES RURALES: CAS DES MATERIAUX DE GISEMENTS LOCAUX

M. Zdiri^{*(1)(2)}, M. Ben Ouezdou⁽¹⁾⁽³⁾ & J. Neji⁽¹⁾⁽³⁾

Résumé

Le Béton Compacté au Rouleau (BCR) est un nouveau matériau qui couvre une grande diversité d'application: Barrages, routes de transport, rues, aires de stationnement...Il peut être considéré comme un matériau économique, rentable et non polluant.

Nous introduisons dans le présent travail l'utilisation des bétons compactés au rouleau (BCR) en technique routière en utilisant des matériaux de gisements locaux avec la spécification d'un faible dosage en ciment donnant lieu à un moindre coût et un délai de réalisation réduit, dans le temps où on rencontre des difficultés d'approvisionnement et d'applications des produits hydrocarbonés dans les zones rurales et montagneuses.

Dans notre étude nous avons effectué une identification des différents constituants granulaires qui serviront pour la confection des BCR. Nous avons déterminé aussi les proportions nécessaires des différents constituants en utilisant le Logiciel "René LCPC" et en faisant varier le dosage en ciment entre 6 et 11% de la masse totale des granulats secs des mélanges confectionné à base de matériaux de gisements locaux. Ensuite nous avons fait une campagne d'essais expérimentaux de compression et de traction par fendage (brésilien) sur des éprouvettes cylindriques confectionnées selon la Méthode du Projet National Français BaCaRa.

Les résultats obtenus montrent que le BCR, faiblement dosé en ciment, développe des résistances très satisfaisantes pour le corps de chaussée, et d'autre part l'évaluation du coût de revient prouve aussi que c'est un matériau économique comparé à la chaussée à structures souples.

Mots clés :

Béton compacté au rouleau, matériaux granulaires, faible dosage en ciment, évaluation économique, logiciel René-LCPC, essais expérimentaux

1. INTRODUCTION

Le béton compacté au rouleau est un matériau peu coûteux, à mise en place rapide qui convient parfaitement aux chaussées et aires de stockage, offrant ainsi une bonne durabilité et minimisant par conséquent les frais d'entretien. Sa résistance, sa durabilité et sa facilité d'exécution en font la bonne solution pour les travaux routiers.

Le béton compacté au rouleau (BCR) est défini comme étant un mélange raide sans affaissement de granulats inertes, de ciment et d'eau (avec éventuellement des additions) qui est mis en place par compactage à l'aide des engins de travaux publics (rouleau compresseur vibrant, plaques vibrantes...) [1,2]. Le dosage en ciment varie de 60 à 350 kg/m³ [3,4].

Le BCR s'est développé selon deux axes différents: le BCR pour barrages et ouvrages massifs, et le BCR pour routes (pavages). La formulation, les méthodes de confection et les méthodes de mise en œuvre diffèrent en fonction du type de BCR.

Anderson a relié l'utilisation du BCR aux années 1930 [5]. La première construction d'un revêtement en BCR

en Amérique du Nord date depuis 1942 [6]. Alors que la première application du BCR publiée au Canada a été construite en 1976 [7]. Après ce succès plusieurs projets ont été réalisés en utilisant le béton compacté au rouleau en pavage en Amérique, Espagne, Chine, Australie et d'autre pays [6,7].

En Afrique, le béton compacté au rouleau (BCR) reste jusqu'à maintenant une nouvelle technique et ne s'est développé que pour la construction des barrages (Photos 1 et 2) et l'utilisation de ce matériau en pavage n'est pas encore abordée.

D'autre part, la répartition et la surabondance des matériaux granulaires naturels roulés et concassés (sables et graviers), l'implantation presque uniforme des cimenteries sur les territoires, les difficultés d'approvisionnement en liants hydrocarbonés, le moindre coût et le délai de réalisation réduit du béton compacté au rouleau sont des facteurs qui nous mènent à des réflexions et à la réalisation des études afin de caractériser ce matériau et l'utiliser en techniques routières.

1. Laboratoire Génie Civil LGC, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis ENIT BP37, Tunis, Belvédère 1002 TUNISIE ;

2. ISET RADES TUNISIE ;

3. ENIT - TUNISIE

* Correspondance de l'auteur: Tel: +21698270195, Fax: +21671442322, E-mail: zdiri_ms@yahoo.fr



Photos 1 et 2: Etat du BCR frais lors de son déversement pour la préparation d'une planche d'essais (Tunisie) [20]

Des études expérimentales sont faites par Gauthier et al. [1,2], au centre de recherche interuniversitaire sur le béton à l'université Laval au Canada pour caractériser et évaluer des mélanges de BCR avec des dosages en ciment variant de 225 à 300 kg par m³. Généralement, on cherche à employer que des matériaux résistants, peu sensibles à l'eau, et susceptibles d'être compacté.

On s'intéresse dans ce travail à l'étude de la formulation et de la résistance du BCR pour pavage (application routière) ainsi qu'une évaluation économique de ce matériau avec une composition à base de granulats de gisements locaux (Tunisie). Nous cherchons par ce-ci une éventuelle utilisation de ce matériau dans les routes urbaines et rurales.

II. AVANTAGES DU BCR

Les avantages du BCR sont résumés dans les points suivants :

- ✓ La durabilité: L'un des avantages les mieux connus du béton est sa durabilité. Cette durabilité mène à une réduction des travaux de construction et d'entretien qui entravent la circulation [1,16].
- ✓ Moins de travaux d'entretien: ERES indique en outre dans son rapport que les routes asphaltées exigent des travaux d'entretien tous les trois à cinq ans. Par contraste, on ne commence à faire des travaux d'entretien mineurs aux routes en béton qu'après 12 ans [1,16].
- ✓ Moins de déformation: Vu la souplesse du revêtement en asphalté, les véhicules de fort tonnage peuvent finir par y creuser des ornières. La poussée qu'ils exercent sur le revêtement peut aussi, à long terme, le faire plisser et lui donner l'apparence d'une tôle ondulée. La rigidité du béton empêche toutefois ce genre de déformations de se produire. D'autre part le béton ne se déforme pas sous l'effet de la chaleur [1,16].

- ✓ Une meilleure adhérence: Les études ont démontré que le béton assure, dans l'ensemble, une meilleure adhérence et une distance d'arrêt plus courte que l'asphalte, surtout lorsque le revêtement est mouillé et comporte des ornières [1,16].
- ✓ Des économies de carburant (jusqu'à 20 %): La chaussée souple fléchit davantage que la chaussée rigide sous l'effet des poids lourds. Ce qui mène à supposer qu'il faut plus de carburant, pour rouler sur une chaussée souple. La rigidité de la chaussée en béton réduit la déflexion et diminue ainsi la consommation de carburant [1,16].
- ✓ Une meilleure visibilité la nuit: La chaussée en BCR assure une meilleure visibilité la nuit. Comme le béton est de couleur claire, il réfléchit mieux la lumière des phares et des lampadaires que l'asphalte, qui est foncé. Autrement dit, il y a plus de lumière visible [1,16].

III. INCONVENIENTS DU BCR

Les inconvénients du BCR sont résumés aussi dans les points suivants :

- ✓ La qualité et l'uni de surface des revêtements en BCR peuvent être adaptés selon les différents types d'applications visées, ils représentent le majeur inconvénient de cette technique. La texture de la surface d'un revêtement est mesurée à l'aide de l'essai de tache de sable. Cet essai détermine la profondeur moyenne de la macrotexture de la surface (ASTM E 965). Il existe également d'autres méthodes de mesure de la texture d'un revêtement telles que le laser, le texturomètre et la stéréoscopie [1,16].
- ✓ L'uni d'une chaussée est exprimé par la variation positive ou négative des élévations de la surface d'une chaussée par rapport à une surface plane. On distingue des ondulations longitudinales des ondulations

transversales. L'uni (confort au roulement) d'un revêtement en BCR a resté toujours un problème limitant relativement les applications du BCR où la vitesse des véhicules représente une caractéristique importante. L'uni de surface des revêtements en BCR est grandement influencé par les procédures de construction, par les variations du degré de compactage, par l'uniformité de la mise en place du finisseur et par les opérations de compactage [1,16].

IV. IDENTIFICATION DES CONSTITUANTS DU MELANGE DU BCR

La qualité et le comportement du béton compacté au rouleau (BCR) dépendent essentiellement de la pâte (ciment Portland, eau et air), du choix et du dosage des granulats convenables (sables, graviers et graves). Ces derniers représentent les principaux éléments du mélange [8]. Le dosage recherché consiste à déterminer les différentes proportions massiques ou volumiques nécessaires à l'obtention d'un béton de meilleure qualité.

1. Dosage en ciment :

Généralement, les mélanges de BCR sont fabriqués avec un ciment hydraulique de teneur totale comprise entre 12 et 16% de la masse totale des constituants secs [3]. Dans notre étude, nous avons utilisé, pour des raisons économiques, un faible dosage en ciment qui varie entre 5 et 11%. Le ciment que nous avons utilisé est un ciment hydraulique du type Portland, de provenance la cimenterie Kharrouba (Nord de la Tunisie), de Classe C.P.C. II/C.L 32.5 et de masse volumique 3029 kg/m³ [9].

2. Qualité et dosage des granulats:

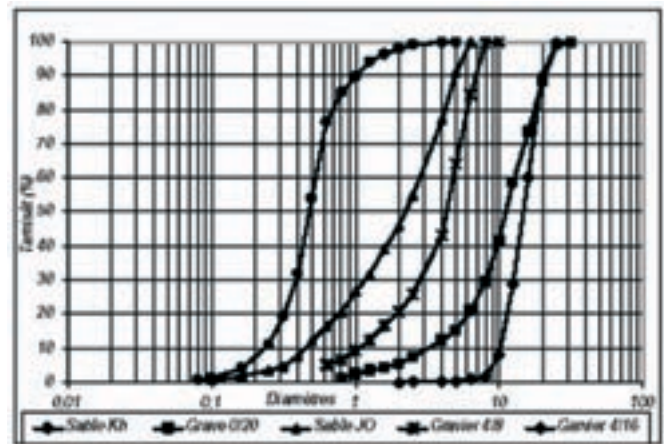
Les granulats représentent généralement pour les bétons conventionnels un pourcentage de 75% du volume total du mélange solide. Pour le BCR, le pourcentage des granulats est approximativement compris entre 75 et 85% du volume total du mélange solide [1,4,5].

Nous avons utilisé deux types de granulats: roulés pour les sables siliceux et concassés pour les sables calcaires, les graviers et les graves (Tableau 1).

La dimension maximale des granulats grossiers est généralement fixée à 20 mm pour résoudre le problème de ségrégation lors de la confection et de la mise en place du BCR [3,4,9].

La figure 1 représente les différentes courbes granulométriques des 5 granulats utilisés.

Fig. 1: Analyses granulométriques des 5 granulats



3. Dosage en eau:

La plage de variation de la teneur en eau (pourcentage de la masse de l'eau contenu dans un mélange par rapport à la masse totale des solides secs) est comprise entre 4,5% et 6% [3,6]. Ce dosage en eau considéré relativement faible par rapport au béton conventionnel, permet d'obtenir un béton sec à affaissement nul. Le BCR à l'état frais est traité comme un sol humide. Pour déterminer la teneur en eau optimale et par conséquent, le dosage en eau, nous avons utilisé la méthode Proctor modifiée utilisée aussi pour les sols [9]. Dans la partie expérimentale de notre travail, la qualité d'eau utilisée est une eau potable.

V. FORMULATION ET IDENTIFICATION DES MELANGES:

Nous avons traité dans notre étude huit différents mélanges granulaires dont les constituants sont résumés dans le tableau 2. Le logiciel "René LCPC" nous permet de produire des mélanges secs à compacité optimale pour une maniabilité donnée, c. à. d, pour un indice de serrage représentant le phénomène de compactage par un cylindre compacteur [10,11,12,13]. Un exemple de résultats de simulation par le logiciel est présenté sur la figure 2.

Granulats	Type	Provenance	ρ kg/m ³	Ap	Los Angeles	Micro-Deval
Sable Kh	Sable roulé 0/5	Khlidia ⁽¹⁾	2575			
Sable JO	Sable concassé 0/4	Djebel Ouest ⁽¹⁾	2530			
Gravier 4/8	Gravier concassé 4/8	Djebel Ouest ⁽¹⁾	2614	21.23	28,08	11
Gravier 4/16	Gravier concassé 4/16	Djebel El-Ressas ⁽¹⁾	2650	19.37	28,3	18
Gravier 0/20	Grave concassé 0/20	Djebel El-Ressas ⁽¹⁾	2631	25.58	26,5	12

(1) Carrière au Nord de la Tunisie, Ap: Coefficient d'aplatissement et ρ : Masse volumique.

Tableau 1 : Caractéristiques des granulats utilisés

N°	Mélange
M1	Sable Kh et Grave 0/20
M2	Sable Kh, Sable JO et Grave 0/20
M3	Sable Kh, Sable JO, Gravier 4/8 et Grave 0/20
M4	Sable JO et Grave 0/20

N°	Mélange
M5	Sable Kh, Sable JO et Gravier 4/16
M6	Sable Kh et Gravier 4/16
M7	Sable Kh, Sable JO, gravier 4/8 et Gravier 4/16
M8	Sable Kh et Gravier 4/8

Tableau 2 : Constituants des huit mélanges utilisés

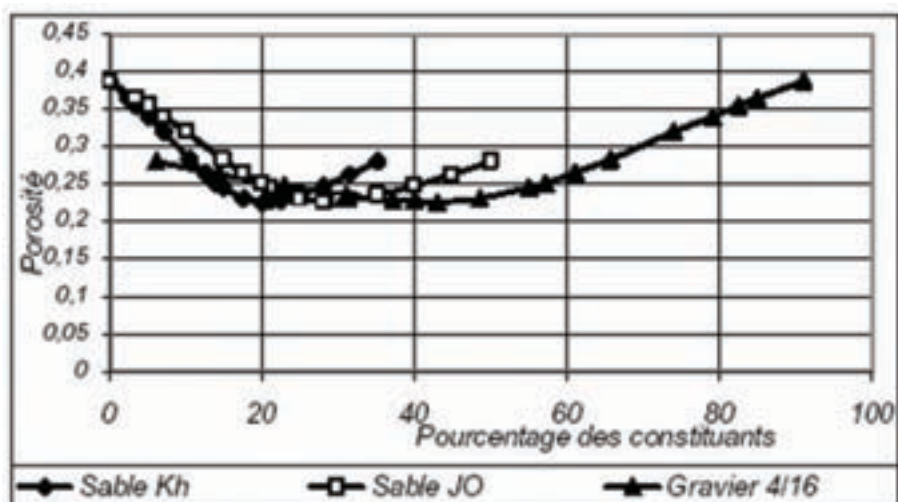


Figure 2: Courbes des variations de la porosité en fonction des dosages des constituants suivant le modèle “René LCPC”.

VI. PREPARATION DES MELANGES ET CONFECTION D'ÉPROUVETTES

Nous avons utilisé le Modèle d'Empilement Compressible développé au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées en France (LCPC) pour la

formulation des mélanges à travers le logiciel de calcul qui a été développé à cet effet: le logiciel “René LCPC” [10,13]. Ce logiciel nous a permis de déterminer les pourcentages des différents constituants des mélanges. Les résultats des huit mélanges sont les suivants (voir tableau n° 3):

N°	Mélange	ciment	Sable Kh	Sable JO	Gravier 4/8	Grave 0/20	Gravier 4/16
M1	Sable Kh et Grave 0/20	9	27,291	63,679		63,679	
M2	Sable Kh, Sable JO et Grave 0/20	9	18,396	18		45,594	
M3	Sable Kh, Sable JO, Gravier 4/8 et Grave 0/20	9	18,495	15	15	45,495	
M4	Sable JO et Grave 0/20	9		27,3		63,7	
M5	Sable Kh, Sable JO et Gravier 4/16	9	23	22,57			45,57
M6	Sable Kh et Gravier 4/16	9	36,412				54,618
M7	Sable Kh, Sable JO, gravier 4/8 et Gravier 4/16	9	18,624	18	18		36,416
M8	Sable Kh et Gravier 4/8	9	45,51		45,51		

Tableau 3 : Pourcentage des constituants des mélanges granulaires utilisés (dosage 250 kg/m³)

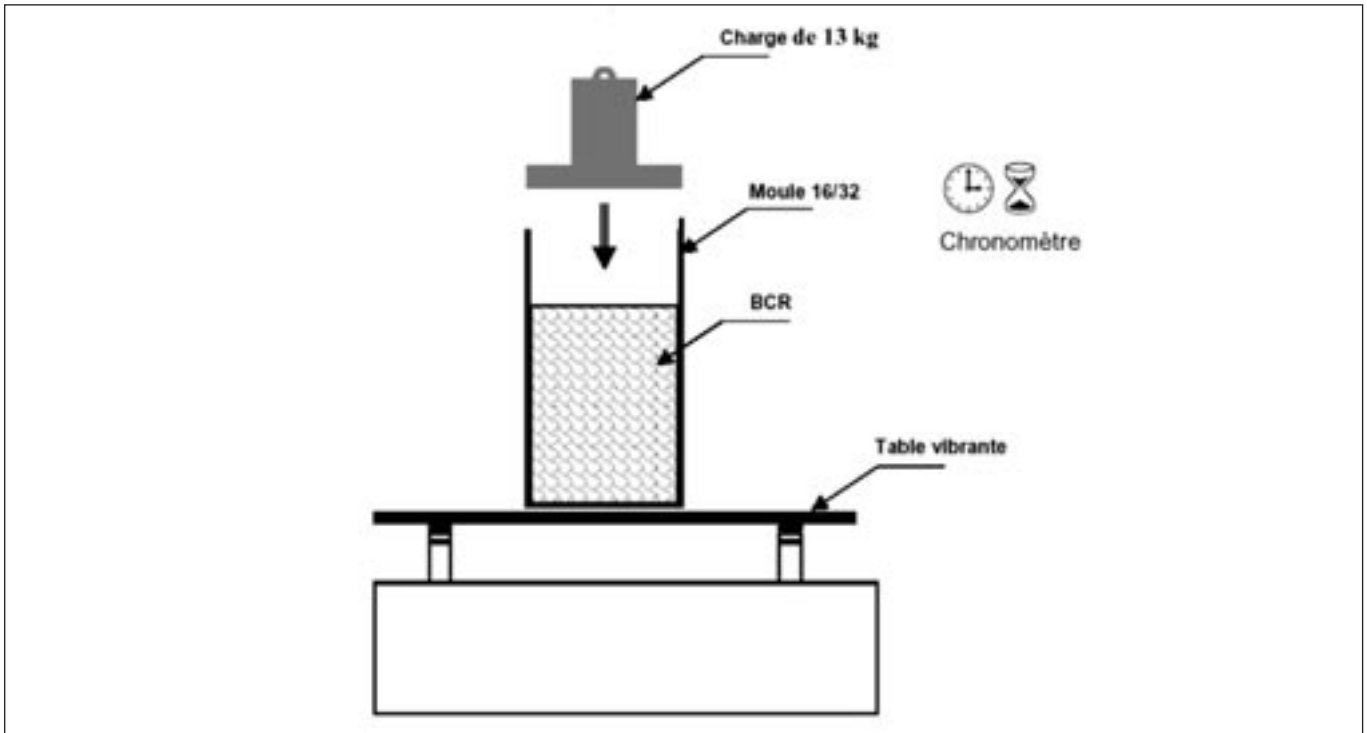


Figure 3: Confection des éprouvettes de BCR (Méthode de Vibro-compaction)

Le malaxage des différents constituants des mélanges a été fait dans un malaxeur à tambour basculant. Les éprouvettes, de type: Éprouvettes cylindriques 16x32, sont confectionnées dans les 30 minutes qui suivent le malaxage, suivant la technique de vibro-compaction (Fig. 3). La technique que nous avons adoptée dans ce travail est celle utilisée et décrite dans le Projet National Français BaCaRa [4].

La résistance à la compression du béton compacté au rouleau est généralement considérée comme sa plus importante propriété, elle nous donne une image globale sur la qualité d'un béton puisqu'elle est directement reliée à la structure de la pâte de ciment hydraté. De plus, la résistance du béton représente l'élément principal pour la conception et le dimensionnement des structures de pavages en BCR [8,14,15]. Les mélanges de bétons compactés au rouleau que nous avons utilisés sont caractérisés par un faible dosage en ciment et par conséquent le volume de pâte recouvrant les granulats est relativement faible. Le squelette granulaire compact devra par conséquent supporter les efforts et contribuer fortement aux résistances mécaniques auxquelles le BCR est sollicité (voir Photo 3 et 4).

VII. CARACTERISATION MECANIQUE:

1. Expérimentation:

Le but du dosage des différentes proportions des matériaux secs des mélanges de BCR est d'obtenir des bonnes résistances à la compression spécifiquement

lorsque les teneurs en ciment de ces bétons sont faibles. Pour augmenter la compacité et réduire la porosité du squelette granulaire nous avons commencé par faire varier les constituants des mélanges, c'est-à-dire, en fixant le dosage en ciment, et sans avoir recours à des ajout de fines du types fumée de silice, cendres volantes, laitiers et autres matériaux fins pour leur absence et leur coût élevé en importation. Le faible dosage en ciment est choisi pour des raisons économiques. C'est pourquoi nous recommandons une plus petite quantité de pâte de ciment juste nécessaire pour lier les granulats.

Après la confection des éprouvettes selon la méthode du Projet National Français BaCaRa, le démoulage a été fait après 24 heures et les éprouvettes confectionnées ont été conservées dans l'eau, un milieu à température proche de 20°C et d'hygrométrie plus que 95%. Les essais d'écrasement par compression et de traction par fendage ont été faites sur la machine de traction-compression Modèle C70-Matest de capacité 3000KN et ce ci selon une échéance de 3, 7, 14 et 28 jours de la date de confection. Les résultats sont reportés sur les figures 4-5-6-7 et le tableau 4.

2. Interprétation:

L'évolution de la résistance du béton compacté au rouleau est liée à la qualité et le dosage en ciment ainsi qu'au taux d'hydratation du ciment. Plus la quantité de ciment est importante plus l'évolution est plus rapide, surtout qu'une fois mis en place le BCR doit supporter, dans la majorité des cas, à jeune âge des charges routières très importantes [17,18].

Résistance Traction		Mélange 1à8				150 kg
Age j	0	3	7	14	28	
M1	0,00	0,67	1,09	1,28	1,39	
M2	0,00	1,33	1,38	1,42	1,48	
M3	0,00	0,34	0,44	0,76	0,94	
M4	0,00	0,74	0,89	0,94	1,14	
M5	0,00	0,41	0,60	0,65	1,13	
M6	0,00	0,69	0,86	1,18	1,41	
M7	0,00	0,58	0,65	1,83	0,95	
M8	0,00	0,37	0,48	0,49	0,68	

Résistance Traction		Mélange 1à8				150 kg
Age j	0	3	7	14	28	
M1	0,00	0,86	1,47	1,54	1,63	
M2	0,00	0,89	1,03	1,09	1,24	
M3	0,00	0,75	0,96	1,07	1,09	
M4	0,00	0,97	1,03	1,17	1,29	
M5	0,00	0,90	1,15	1,16	1,48	
M6	0,00	0,80	0,96	1,19	1,28	
M7	0,00	1,10	1,27	1,30	1,43	
M8	0,00	0,59	0,69	0,72	0,79	

Résistance Traction		Mélange 1à8				150 kg
Age j	0	3	7	14	28	
M1	0,00	0,94	1,17	1,26	1,36	
M2	0,00	0,57	0,90	1,06	1,26	
M3	0,00	0,51	0,90	0,91	1,12	
M4	0,00	1,06	1,39	1,44	1,50	
M5	0,00	0,84	0,96	1,31	1,42	
M6	0,00	0,94	1,18	1,24	1,36	
M7	0,00	0,72	0,98	1,09	1,29	
M8	0,00	0,49	0,62	0,67	0,73	

Tableau 4: Résultats de l'essai de traction sur les mélanges de 1 à 8 pour trois dosages: 150,200 et 250 kg de ciment/m³. Les résistances sont exprimées en MPa

La bonne résistance à la compression de certains mélanges de BCR formulés par le modèle "René LCPC" exemple M1 et M4 (Fig. 4-5-6), peut être expliqué par le développement d'un important phénomène d'enchevêtrement et d'arrangement à l'intérieur des mélanges.

Certains mélanges de BCR formulé ainsi par le modèle comme M1, M4, M5, et M6 (Fig. 6), peuvent développer des bonnes propriétés mécaniques suffisantes pour résister aux trafics.

Généralement, les résistances mécaniques des mélanges de BCR à jeunes âges et après 28 jours sont nettement supérieures à celles d'un mélange de béton conventionnel pour des faibles teneurs en ciment. Tel qu'illustré à la figure 6, les mélanges M4 et M6 possèdent, des résistances à la compression qui peuvent dépasser 18 MPa.

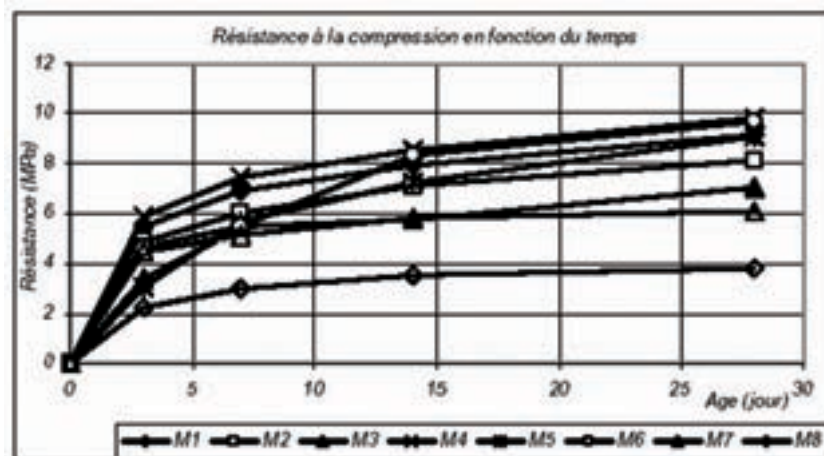


Figure 4: Variation des résistances à la compression des mélanges de 1 à 8 dosage 150 kg de ciment

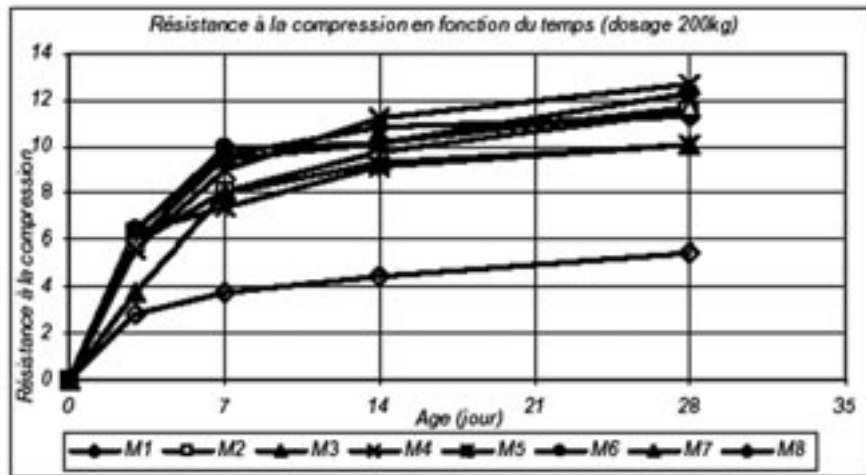


Figure 5: Variation des résistances à la compression des mélanges de 1 à 8, dosage 200 kg de ciment

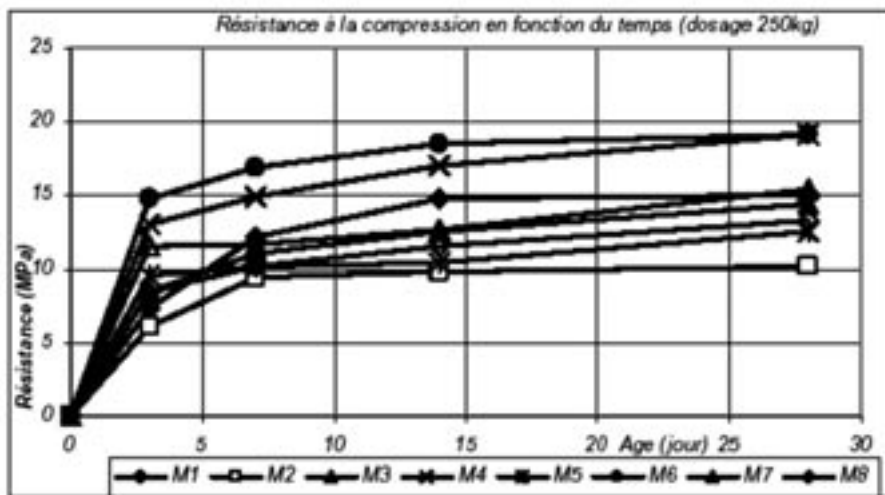


Figure 6: Variation des résistances à la compression des mélanges de 1 à 8, dosage 250 kg de ciment

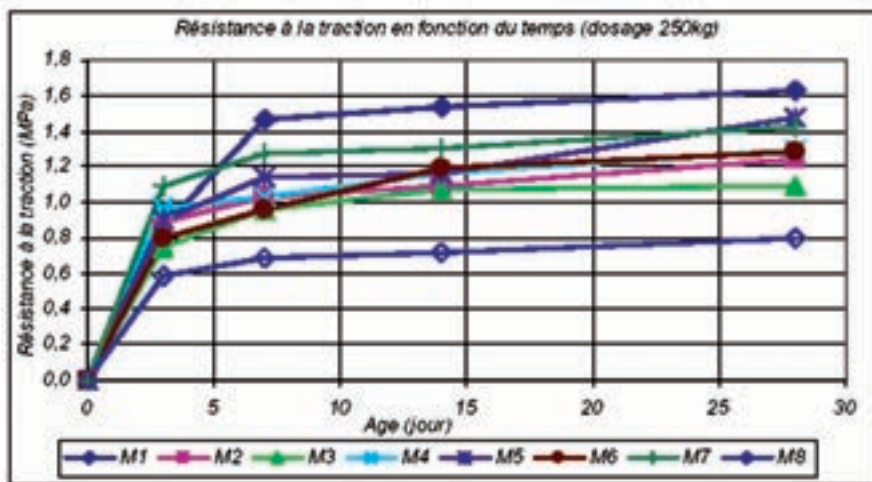


Figure 7: Variation des résistances à la traction des mélanges de 1 à 8, dosage 250 kg de ciment

VIII. EVALUATION ECONOMIQUE

Nous traitons dans cette partie de notre travail une évaluation économique de deux variantes différentes de structures de chaussées: (Fig. 8 et 9) :

- **Variante N° I:** structure conventionnel de Type: couche de fondation et couche de base en grave non traité avec une couche de roulement en béton bitumineux.

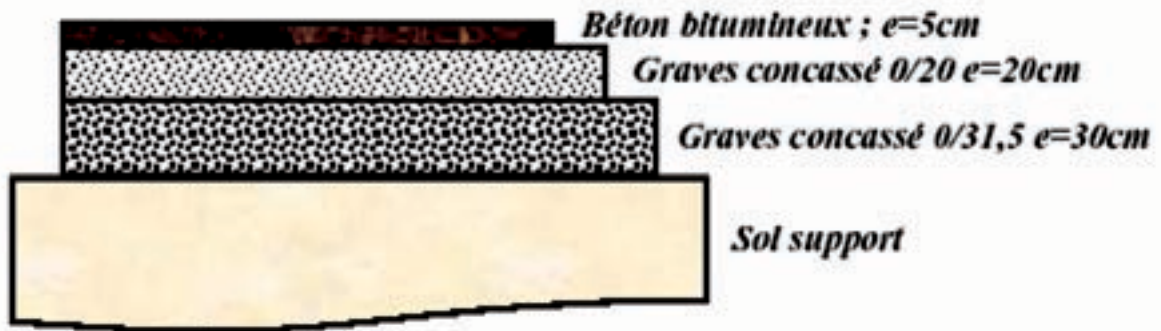


Figure 8: Structure conventionnel : Variante I

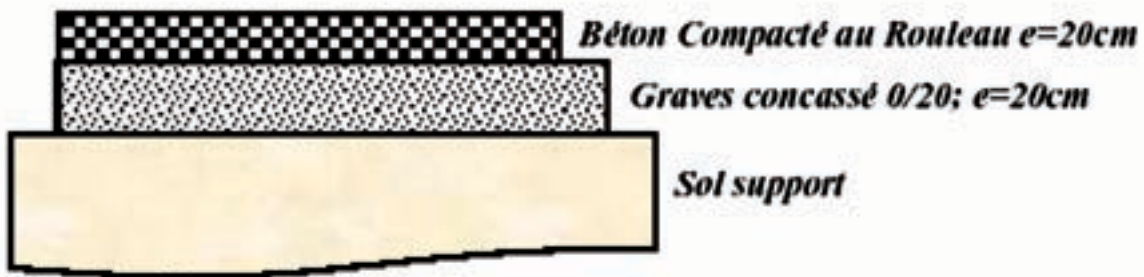


Figure 9: Structure Type BCR sur couche de base: Variante II

Références bibliographiques

- [1] Association Béton Québec (ABQ), "Conception et réalisation de revêtements en béton compacté au rouleau au Québec".
- [2] P. Gauthier, J. Marchand, L. Boisvert, E. Ouellet, M. PIGEON, "Conception, formulation, production et mise en oeuvre de revêtement en béton compacté au rouleau", formation continue GCI-A2455, Centre de recherche interuniversitaire sur le béton, Département de génie civil, Université Laval, 2000, pagination multiple.
- [3] ACI Committee 207, "Roller-Compacted Mass Concrete", ACI 207.5R-99, ACI Committee 207 Report, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1999.
- [4] Projet National BaCaRa 1988-1995. "Le béton compacté au rouleau". Presse ENPC 1996 200 pages.
- [5] R. Anderson, Roller Compacted pavements- Physical Properties, CBI report No. Ra 3:86, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Sweden 1986.

- La couche de base: est en grave concassée 0/20.
 - La couche de fondation: est en grave concassée 0/31,5.
 - La couche de roulement: est en Béton Bitumineux (BB) 0/14.
- **Variante N° II:** structure de chaussées en BCR sur une couche de base en graviers non traité reposant elle même sur le sol support.
- La couche de base/ fondation: est en grave concassée 0/20.

1. Données de bases:

- Le trafic: Nous choisissons un trafic moyen de classe T2 selon le catalogue des structures neuves édité par le Ministère de l'Équipement et de l'Habitat et de l'Aménagement de Territoire (Tunisie), [19], un trafic considéré comme le plus fréquent sur le réseau routier tunisien.
- Climat et hydrologie: la Tunisie est subdivisée en trois zones A, B et C selon la pluviométrie annuelle, nous traitons les trois cas possible dans le pays.



Photos 3 et 4: Mise en œuvre du BCR frais (étalage et compactage) pour la préparation d'une planche d'essais (Tunisie) ([20])

Références bibliographiques

- [6] ACI 325.10R-95, State-of-the-art report on roller-compacted concrete pavements, ACI manual of concrete Practice, ACI, USA, 2000.
- [7] R. Piggot, Roller compacted concrete for heavy-duty pavement: Past performance, Recent Projects and Recommended Construction Methods, TRR 1062, National Research council, Washington, DC, 1986, pp 7 -12
- [8] A. M. Neville, "Propriétés des bétons", Centre de recherche interuniversitaire sur le béton, Laval, Eyrolles 2000, pages 255-296.
- [9] M. Zdiri, J. Neji, M. BenOuedou, M.R. Elouni, "Formulation et simulation des bétons compacté au rouleau: applications aux matériaux de gisement locaux" Cmedimat Algérie Déc.2005, 8 pages, à paraître.
- [10] T. Sedran, F. De Larrard, "Manuel d'utilisation de René-LCPC Version 6.1d: logiciel d'optimisation granulaire".
- [11] N. Pouliot, T. Sedran, F. De Larrard, J. Marchand, "Prédiction de la compacité des bétons compactés au rouleau à l'aide d'un modèle d'empilement granulaire" 2001.
- [12] T. Sedran, F. De Larrard, D. Angot, "Prévision de la compacité de mélanges granulaires par le modèle de suspension solide-Partie1: Fondements théoriques et étalonnage du modèle", Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, 1994, vol. 194, pp. 59-70.
- [13] T. Sedran, F. De Larrard, D. Angot, "Prévision de la compacité de mélanges granulaires par le modèle de suspension solide-Partie2: Validation-Cas des mélanges confinés", Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, 1994, vol. 194, pp. 71-86.

- A : 6 mois humides et 6 mois secs
 B : 4 mois humides et 8 mois secs
 C : 2 mois humides et 10 mois secs

- Le sol support: Nous considérons que la structure repose sur un sol de bonne qualité.

L'identification a été faite sur la base des essais CBR et en utilisant le même catalogue [19], notre sol est classé S3.

2. Dimensionnement:

Pour la Variante N° I: D'après [19], nous obtenons :

- 5 cm Béton Bitumineux (BB) en couche de roulement
- 20 cm de grave concassée 0/20 en couche de base
- 30 cm de grave concassée 0/31,5 en couche de fondation.

Pour la Variante N° II: Nous employons les méthodes et les logiciels de dimensionnement développés dans la [16] qui nous donnent les épaisseurs résumées dans le tableau 5.

Ouvrages	Dimensions
Les trottoirs	100 mm –125 mm
Les allées	100 mm –125 mm
Les parkings	100 mm –125 mm
Les rues, Routes /Access	150 mm –200 mm
Les Autoroutes secondaires	150 mm –200 mm
Les Autoroutes urbaines	200 mm –250 mm
Les Autoroutes de liaisons	250 mm

Tableau 5: Epaisseurs des ouvrages en BCR [16].

Couche	Matériaux	Prix unitaire /m ³ (en euros)	Quantité/m ²	Sous total (en euros)
Roulement/de surface	Béton bitumineux	120,000	0,05	6
Base	Graves concassé 0/20	17,000	0,20	3,40
Fondation	Graves concassé 0/31,5	15,000	0,30	4,50
				13,9
Coef de règlement K				1,23
Total				17,097

Tableau 6: Sous détails de prix de la variante N° I

Couche	Matériaux	Prix unitaire /m ³ (en euros)	Quantité/m ²	Sous total (en euros)
Roulement/de surface	Béton Compacté au Rouleau	55,000	0,15	8,25
Base/Fondation	Graves concassé 0/20	17,000	0,20	3,40
				11,65
Coef de règlement K				1,23
Total				14,33

Tableau 7: Sous détails de prix de la variante N° II (en BCR)

Références bibliographiques

- [14] F. De Larrard, P. Tondat, "sur la contribution de la topologie du squelette granulaire à la résistance en compression du béton", *Materials and structures*, RILEM, 1993, Vol. 26, pp 505-516
- [15] F. De Larrard, "Structures granulaires et formulation des bétons", *études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées* 2000.
- [16] Canadian Portland Cement Association, "Thickness design for concrete highway and street pavements", Canadian Edition/metric, *Engineering Bulletin*.
- [17] W. Baalbaki, "Béton à haute performance à matrice constante: influence de la nature des granulats sur le comportement mécanique", mémoire de maîtrise és science appliquées, Université de Sherbrooke, 1990.
- [18] F. A. Oluokun, "Prediction of concrete tensile strength from its compressive strength": Evaluation of existing relations for normal weight concrete, *ACI Materials Journal*, Vol. 88, N°3, Mai-Juin.
- [19] Ministère de l'Équipement et de l'Habitat et de l'Aménagement de Territoire (Tunisie): "catalogue de dimensionnement des structures chaussées neuves" 1984.
- [20] M. Belaïd, "Photo sur le barrage Rmil, Tunisie" Communication personnelle.

Dans notre étude comparative nous prenons un exemple représentatif de chaussée, et les résultats sont présentés sur les tableaux 6 et 7.

3. Sous détail de prix:(Voir Tableau 6 et 7)

4. Interprétation:

L'étude économique à travers la préparation des sous détail de prix pour les deux variantes différentes montre clairement la différence dans le prix de revient des deux propositions.

La variante N° II dont laquelle nous utilisons le BCR en couche de roulement se distingue par son prix plus bas par rapport à la variante traditionnelle dont laquelle nous utilisons le Béton bitumineux en couche de roulement.

Le rapport entre le prix de la variante N° I et le prix de la variante N° II, est de 1,19 et ont peut gagner par conséquent 20% par l'utilisation de ce matériaux.

CONCLUSION

- Les avantages précités, tel que la durabilité (moins d'entretien) et la résistance des Bétons Compactés au Rouleau, appuyés aussi par des études de formulation, de résistance et d'une évaluation économique montre que le BCR est un matériau très convenable et rentable pour la construction et l'entretien des chaussées en milieux urbains et rurales.
- L'utilisation du logiciel "René LCPC" est une méthode fiable pour la formulation de mélange optimal de BCR à base de matériaux de gisements locaux avec un faible

dosage en ciment car il nous a facilité la détermination de la formulation et nous a permis de réduire énormément le nombre d'essai de façon à réaliser qu'un nombre limité de gâché correspondant à la valeur de la compacité optimale.

- Le fait de réduire le dosage en ciment dans la fabrication du béton compacté au rouleau de la marge (12%-16%) à la marge (5%-11%), encourage les décideurs à choisir cette variante pour la construction des chaussées rigides surtout lorsqu'il s'agit des moyens économiques réduits.

- La résistance mécanique du BCR est fortement influencée par la faible quantité de pâte qui entoure les granulats et il reste aux gros granulats serrés du mélange de BCR à supporter les efforts en donnant lieu à des excellentes résistances mécaniques comparé aux cas des bétons conventionnels.

- L'étude économique, suite à l'établissement des sous détails de prix pour les deux variantes différentes, explique la rentabilité de l'utilisation de la technique de BCR dans les travaux routiers surtout dans le cas de la construction et l'entretien des routes rurales.



SPECIAL: ENTRETIEN DES ROUTES RURALES "ENJEUX ET PERSPECTIVES"

PARTIE I

Editorial		2
Thème n° 1: Rôle des routes rurales et enjeux de leur entretien / Role of rural roads and their maintenance		
- Identification des besoins en développement des routes rurales et pérennisation des investissements		
	<i>A. Rmili & A. Imzel</i>	4
- Les pistes rurales en Tunisie, Situation actuelles et perspectives	<i>A. Boutouta</i>	9
- Guidelines in improving rural infrastructures in Africa	<i>G. Gebresenbet and G. Oodally</i>	13
- Rural Road Paving for Manageable Maintenance	<i>Robert Petts, Dr Jasper Cook & Pham Gia Tuan</i>	21
Thème n° 2: Techniques d'entretien des routes rurales / Maintenance techniques for rural roads		
- Quelles techniques d'entretien pour les routes rurales du rif et du pré-rif?	<i>A. Janati Idrissi</i>	31
- Les bétons compactés au rouleau à faible dosage en ciment, une solution pour les routes rurales: cas des matériaux de gisements locaux	<i>M. Zdiri, M. Ben Ouezdou & J. Neji</i>	34
- Valorisation des scories d'acierie électrique pour l'entretien des routes rurales	<i>M. Afechkar, Elgharbi & R. Znaidi</i>	45
- Traitement des pistes non revetues à l'emulsion de bitume	<i>Safir</i>	51
- Le retraitement en place des chaussées	<i>O. Essekkeli & H. Tarhouchi</i>	53
- Entretien des routes rurales - Enjeux et Perspectives	<i>L. Fatmi, A. Hammoumi</i>	60
- Tractor solutions for Rural Roads & Agriculture	<i>Malcolm Cutler, Chairman & Robert Petts</i>	72

Adresse ANAFIDE : Rue Haroun Errachid, Agdal - RABAT
Tél.: 037 67.03.20 / FAX: 037 67.03.03
E-mail : anafid@menara.ma
Site Web : www.anafid.org